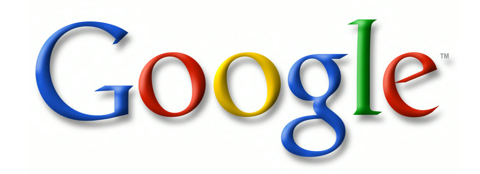
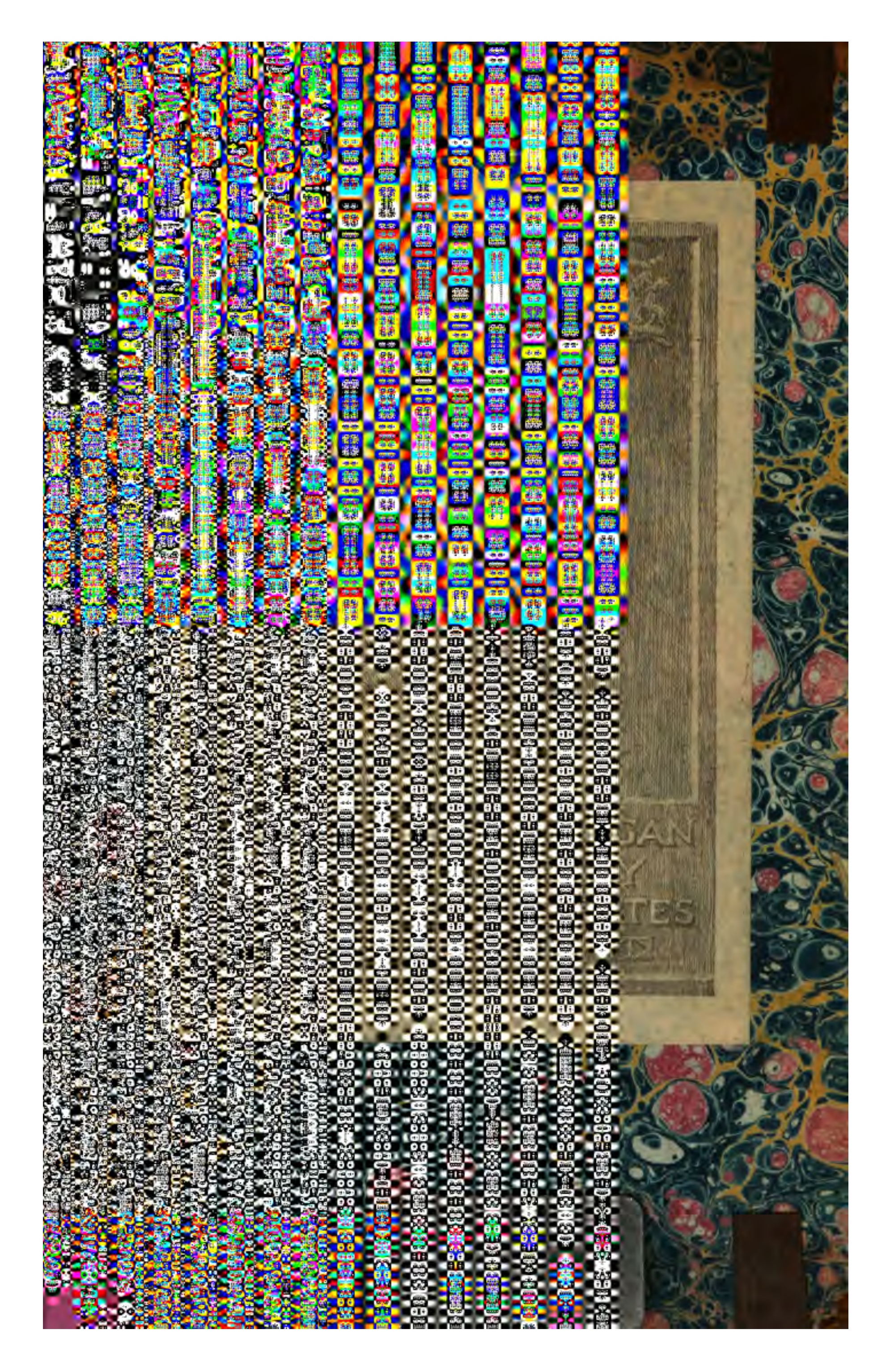
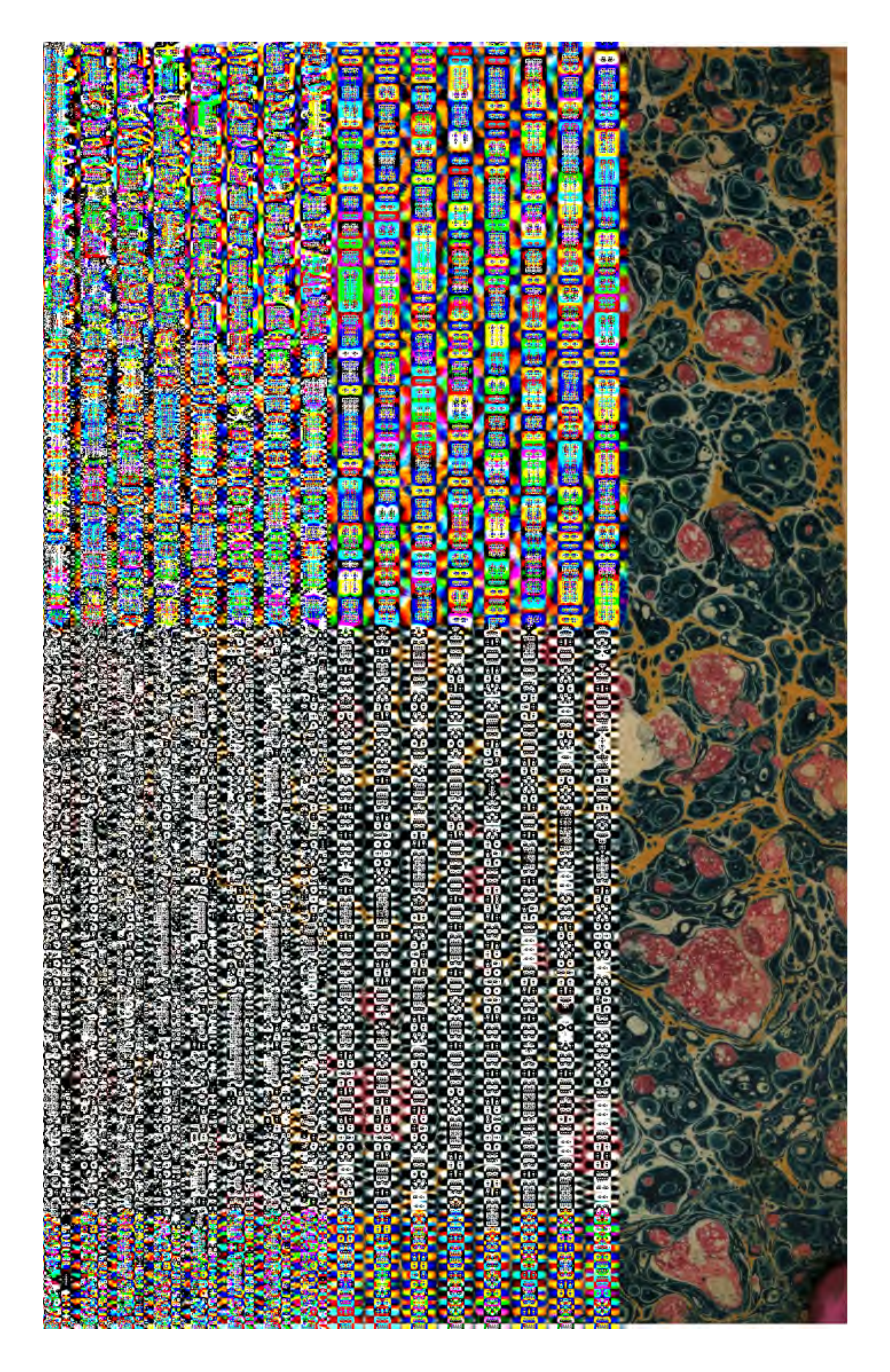








RECHERCHES
PHYSICO-MÉCANIQUES
SUR LA CHALEUR.

PAR

PIERRE PREVOST,

Professeur honoraire à Genève, de l'Académie de Berlin, & de la Société des Curieux de la Nature.

Effice ut interea fera mœnera militiaï,
Per maria ac terras omneis, sopita quiescant!
Nam neque nos agere hoc, terrarum *tempore iniquo*,
Possumus æquo animo. LUCR.

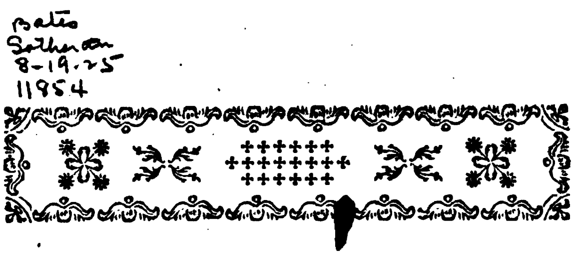


Aux dépens de l'Auteur.

A GENEVE,
Chez BARDE, MANGET & COMPAGNIE.

A PARIS,
Chez MÉRIGOT le jeune, Libraire, quai des Augustins.

1792.



PRÉFACE.

Développer les conséquences d'un fait bien observé, en faire l'application à quelques phénomènes très-remarquables. Tel est le plan que je me suis proposé.

Le fait dont je pars est le rayonnement du feu. Ce fait conduit presqu'immédiatement à la connoissance de la constitution de ce fluide. Et cette constitution une fois déterminée permet de comparer avec exactitude les résultats du calcul à ceux de l'expérience.

Les phénomènes que j'ai analysés sous ce point de vue sont principale-

ment rélatifs à la chaleur solaire, & particulièrement à l'effet de cette chaleur sur la température des hémisphères nord & sud du globe terrestre.

J'ai fait occasionnellement quelques remarques d'un autre genre, entr'autres quelques indications météorologiques, & une exposition abrégée de ma théorie du magnétisme.

S'il falloit excuser la publication d'un ouvrage qui ne contient point d'expériences qui me soient propres, ni de calculs savans & dignes de fixer l'attention des géomètres; je dirois qu'outre l'art de calculer, & l'art d'observer, il est un art de comparer, qui n'est pas moins recommandable, ni moins nécessaire aux progrès de la physique.

Tel est l'état actuel de cette science, que les forces humaines n'y suffisent

plus, à moins qu'on ne dirige leur emploi avec ſageſſe &, pour ainſi dire, avec épargne.

Et comme dans les arts mécaniques on n'arrive à la perfection, qu'en diviſant le travail entre diverſes claſſes d'ouvriers; de même les philoſophes doivent ſentir, que ce ne ſera qu'en diſtribuant à diverſes claſſes de phyſiciens la recherche des vérités naturelles, qu'ils peuvent eſpérer de réuſſir dans cette entrepriſe.

On rempliroit imparfaitement ce but, ſi l'on ſe contentoit d'une ſimple répartition des matières, en preſcrivant à chaque individu de s'attacher excluſivement à une ſeule. Car, outre la difficulté de s'abſtenir de toute recherche acceſſoire, il réſulteroit de grands inconvéniens de cette méthode, ſi on la ſuivoit à la rigueur, & ſi on n'y

ſuppléoit par quelques diviſions plus générales.

Ces diviſions ſont indiquées par la nature de l'art & par celle de l'eſprit humain. La diverſité des talens, des goûts & des circonſtances forcent à poſer ces limites.

Lorſqu'un mouvement fixe notre attention, & que nous en cherchons l'origine; nous obſervons attentivement la vîteſſe, la direction, la maſſe & la nature du corps qui en eſt affecté. Puis nous aidant des diverſes méthodes qui nous ſervent d'échelons pour atteindre à la vérité, nous fixons une cauſe probable. Cette cauſe, ou cette impulſion, ramenée à la notion la plus ſimple, préſente divers réſultats, dont la parfaite conformité avec ceux de l'obſervation forme à nos yeux une démonſtration ſuffiſante.

La notion ſimple de la quantité, à laquelle aboutiſſent les abſtractions du phyſicien, eſt l'objet d'une théorie profonde, dans laquelle les ſens ſont, pour ainſi dire, mis à l'écart, & où tout eſt lié par une chaîne de conſéquences rigoureuſes. Les phénomènes ſont l'objet des ſens, & n'offrent au premier coup-d'œil qu'un chaos d'élémens confus ou iſolés, que démêle lentement le génie de l'obſervateur. Dans la recherche des cauſes, on eſt à la vérité privé de l'évidence qui réſulte des abſtractions mathématiques, & de celle que produit le témoignage des ſens; mais en recueillant les obſervations, en les raſſemblant ſous divers points de vue, en les rapprochant du calcul, on en obtient quelques clartés, & l'on découvre des routes sûres, ou l'on ſignale des écueils.

Calculer, obſerver, comparer, ſont en phyſique des opérations diſtinctes, & qu'on peut concevoir ſéparées. Il faut ſans doute qu'elles ſe trouvent à un certain point réunies dans ceux qui ſe vouent à cette ſcience. Mais il n'eſt pas moins néceſſaire que chacun de ceux qui la cultivent, embraſſe de préférence l'un de ces emplois; entre leſquels il ne doit y avoir d'autre rivalité, que celle qui peut exciter les efforts & ſervir d'aiguillon au génie.

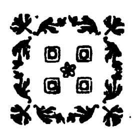


TABLE.

SECTION PREMIERE.

De la chaleur en général.

SECTION II.

De la chaleur solaire & de la chaleur propre à la terre.

SECTION III.

De la chaleur rélative des deux hémisphères du globe terrestre, ou du froid austral.

SECTION IV.

Remarques détachées.

SECTION V.

Application de la théorie du froid austral aux phénomènes de l'aiguille magnétique.

Fin de la Table.

CORRECTIONS
&
ADDITIONS.

Pag. 10, *à la fin du* §. 1. *ajoutez* : Voyez la note de la page 192.

Pag. 31, *ajoutez à la fin du* §. 24. Voyez le §. 142.

52, *à la fin*, *ajoutez* : Des obſervations faites d'heure en heure en aſſez grand nombre pour offrir des moyennes sûres, rendroient applicables à l'objet de nos recherches, par une réduction facile, toutes les obſervations faites à des heures voiſines de celles du lever & du coucher du ſoleil ; leſquelles ſont très-abondantes dans tous les recueils météorologiques.

Pag. 56, *à la fin du* §. 42, *ajoutez* : J'ai voulu voir ſi le rapport excédant que fournit l'année 1788, ne ſeroit point rectifié en prenant un tems plus court que le mois pour déterminer les moyennes. J'ai donc cherché, dans la table des obſervations diurnes, les *dix jours* de l'année qui indiquoient la plus grande chaleur, & les *dix jours* qui indiquoient le plus grand froid. Et j'ai reconnu que l'époque du maximum de chaleur eut lieu l'été de cette année-là, 1788, du 10 au 19 Juillet incluſivement, & que l'époque du minimum eut lieu l'hiver du 28 Décembre 1788

au 6 Janvier 1789 auſſi incluſivement. Cherchant donc les moyennes de ces deux époques, j'ai trouvé les nombres ſuivans de degrés de RÉAUMUR, où j'ai exprimé juſqu'aux centièmes de degré.

Moyennes du 10 *au* 19 *Juillet* 1788, *inclus.*

au lever du ſoleil	+ 12,46 degrés.
au coucher	+ 18,80
Différence, ou R =	6,34

Moyennes du 28 *Déc.* 1788 *au* 6 *Janv.* 1789, *inclus.*

au lever du ſoleil	− 10,25
au coucher	− 8,47
Différence, ou r =	1,78

D'où l'on tire $S : s$ = 7,1 : 1

Rapport ſingulièrement rapproché de celui que fournit le calcul.

Le réſultat de la recherche faite ſur cette année 1788, m'a engagé à tenter la même méthode pour les autres années. J'ai donc cherché pour chacune les *dix jours* du maximum & les *dix jours* du minimum de chaleur, & j'ai pris les moyennes de ces deux époques. La table ſuivante préſente les réſultats que j'ai obtenus. Les dix jours d'obſervation dont j'ai pris la moyenne y ſont indiqués en parenthèſe, par le premier & le dernier de ces jours, à la ſuite du mois auquel ils ſe ſont trouvés appartenir.

Epoques d'été.	*Moyennes.*
1788 Juillet (11–20) ...	6,28 degrés de Réaumur.
1789 Juillet (3–12) ...	5,24
1790 Juin (15–24) ...	6,85
1791 Juillet (18–27) ...	5,58
Maximum moyen R =	5,99

Epoques d'hiver.	*Moyennes.*
{ 1788 Déc. 28 / 1789 Janvier 6 }	1,78
1790 Janvier (7–16)	1,79
{ 1790 Déc. 25 / 1791 Janvier 3 }	1,58
Minimum moyen r =	1,72

D'où l'on tire $S : s = 7 : 1$.

Rapport qui s'éloigne peu de celui du calcul, malgré quelque inégalité dans les époques.

En écartant les obſervations évidemment altérées par des cauſes accidentelles, telles que les vents & les orages, on obtiendroit ſans doute des réſultats plus uniformes.

Nota. J'ai eu égard à l'errata joint au N°. 1 du Journal de 1791. L'époque de 1788 Janvier (14–23) donnoit pour moyenne 2,19 degrés. Je l'ai écartée. En la réuniſſant aux trois époques d'hiver indiquées, on auroit $r = 1,84$. D'où $S : s = 6,5 : 1$.

{ *Pag.* 57. *lig. antépénult.* 6,7 ; *liſez* 6,5.
Ibid. lig. dern. 8,4 ; *liſez* 8,0. }

Nota. Ces deux corrections ſont le réſultat des moyennes de R pour quatre années, comparées aux moyennes de r pour trois années. Dans le texte la moyenne eſt priſe d'après les valeurs de S pour trois années, & celle de R pour une année ; ce qui eſt irrégulier. Du reſte l'erreur eſt petite, & peut être négligée ſans conſéquence.

Pag. 64, *ajoutez à la fin du* §. 48. Voyez la page 204.

72, *lig. dern.* 7,2, *ajoutez :* Et plus exactement 7,220608.

80, *lig.* 5, 2°,1 ; *lisez* 1°,2.

84, *lig. dern.* 18 $\frac{1}{3}$; *lisez* 4 $\frac{4}{9}$.

111, *lig.* 2 & 4, *au nombre* 16 *substituez* 14.

Ibid. lig. 2 *a fine*, 16 à 15 ; *lisez* 15 à 14.

114, *lig.* 2 *a fine*, sept ; *lisez* huit.

115, *lig.* 3, 12 ; *lisez* 22.

Ibid. lig. 7, proportionnelles ; *lisez* proportionnels.

120, *lig.* 4 *a fine*, inverse ; *effacez ce mot.*

136 *à la note*, *l.* 4, est ; *lisez* est à-peu-près.

Ibid. *l.* 6, sont ; *lisez* sont à-peu-près.

142, *lig.* 15, croissante ; *lisez* constante.

158, *lig.* 7 *a fine*. *Nota*. La fraction de degré est *un huitième*.

160, *lig.* 9, 70°,5 ; *lisez* 70° 5′

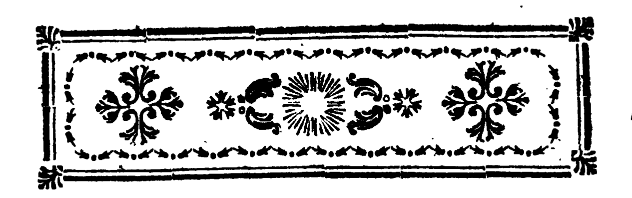
196, *l. pénult.* qu'il ; *lisez* que le vent.

204, *lig.* 11, pag. 160 ; *lisez* pag. 164.

206, *l.* 5, mais ne sont ; *lisez* mais ces expériences & cette théorie ne sont.

226, *lig.* 15, ambiant. Les couches étant inégales dans ; *lisez* ambiant, toujours combiné (§. 152.) Les couches de fluide pur étant inégales en densité dans.

RECHERCHES



RECHERCHES PHYSICO-MÉCANIQUES

SUR LA CHALEUR.

JE parlerai dans la première Section *de la chaleur en général* ; c'eſt-à-dire, de la nature de ſon équilibre, & des lois ſuivant leſquelles cet équilibre eſt rompu.

Dans la ſeconde, je parlerai *de la chaleur ſolaire*, enviſagée ſeule & comparée à la chaleur de la terre.

Dans la troiſième, je traiterai de la chaleur rélative des deux hémiſphères du globe terreſtre, ou *du froid auſtral.*

La quatrième contiendra quelques *remarques détachées.*

Dans la cinquième enfin, je ferai l'application d'une des remarques précédentes aux phénomènes du *magnétiſme.*

SECTION PREMIERE.

De la Chaleur en général.

INTRODUCTION.

I. AYANT en vue le développement de quelques propositions de mécanique, applicables à la propagation de la chaleur, je me suis borné à envisager le feu comme un fluide discret, sans m'occuper de la nature de ses élémens. Je le considère donc comme simple & homogène, parce que cette simplification étoit nécessaire pour parvenir à mon but d'une manière sûre. Toutefois je suis loin de partir de cette simplicité hypothétique comme d'une vérité physique. Les raisons exposées par M. DE LUC en faveur de la composition du feu me paroissent très-fortes. Elles ont sans-doute fixé l'attention des physiciens, & de nouvelles recherches sur cet objet confirmeront probablement cette théorie (1).

(1) Avant que M. DE LUC l'eût exposée avec soin, des physiciens célèbres avoient déjà distingué le feu

Le feu, ſelon M. De Luc, eſt une vapeur compoſée d'une baſe unie à la lumière, comme les vapeurs aqueuſes ſont compoſées de l'eau unie au feu. L'une & l'autre de ces *vapeurs* (je dis le feu & les vapeurs aqueuſes) ſe condenſent par le rapprochement forcé de leurs molécules, ou par la ſuppreſſion de leur *déférent.* L'une & l'autre ſe forment par l'introduction de ce déférent dans leur baſe ou *matière grave.* Toutes deux ſuivent des lois analogues relativement à l'état de preſſion auquel les réduit leur propre accumulation, ou celle de quelque fluide qui pèſe ſur leurs couches inférieures. Chacune eſt ſoumiſe aux lois d'affinité propres à la ſubſtance dont elle eſt com-

de la lumière. M. Senebier entr'autres avoit beaucoup inſiſté ſur cette diſtinction qui lui paroiſſoit réſulter de ſes belles & nombreuſes expériences ſur les effets de la lumière dans les trois règnes de la nature. Il eſt arrivé cependant que l'opinion à laquelle ce phyſicien s'eſt arrêté de préférence, non ſeulement differe de celle de M. De Luc, mais paroît lui être directement oppoſée, puiſqu'il attribue à la lumière la compoſition, & ſemble attribuer au feu la ſimplicité. Mais ce n'eſt qu'incidemment que M. Senebier a traité cette queſtion; & d'ailleurs ce qu'il dit de la lumière ſe concilie, à quelques égards, très-bien avec l'hypothèſe de la compoſition du feu. Car il eſt indubitable que la lumière n'eſt pas ſimple.

posée rélativement aux substances avec lesquelles elle est mise en contact. Divers phénomènes très - frappans s'expliquent par cette théorie. Une classe nombreuse de phénomènes analogues paroît manifestement en dépendre, & l'on ne doit plus raisonner sur la chaleur, sans rapporter ses principes à ceux qui ont acquis tant de vraisemblance. Ainsi, sans oser encore les adopter exclusivement, je vais faire voir comment ils se concilient avec les abstractions communes dans les propositions que j'ai établies.

II. Le rayonnément du feu étant un fait démontré par l'expérience, je n'aurois pas à me justifier d'avoir employé cette connoissance acquise & d'en avoir pressé les conséquences, si je m'étois borné aux phénomènes sublunaires. Mais m'étant hasardé au-delà, j'ai contredit quelques conséquences que M. De Luc tiroit de ses propres principes, ainsi que d'expériences antérieures ; & ceci demande quelqu'éclaircissement.

M. De Luc pense que le feu gravite vers la terre, & que par conséquent il ne peut pas plus la quitter pour rayonner dans les espaces célestes que l'air ou toute autre substance agitée

d'un mouvement inteſtin & cependant fixée par ſa peſanteur à la ſurface ou dans l'intérieur de notre globe.

Cette opinion me paroît un réſultat de la théorie précédente, & par conſéquent je l'admets comme très-vraiſemblable. Je demande ſeulement que M. De Luc veuille bien, dans la propoſition qui l'exprime, ſubſtituer au mot *feu* celui de *baſe du feu* (ſubſtitution que je crois dans ſon ſyſtême), & alors je dirai du *déférent*, quant au rayonnement, tout ce que j'ai dit du feu ſous ce point de vue. Et il n'y aura preſque plus de difficulté à lui faire approuver mes conſéquences.

Suppoſons que dans quelque recherche hygrométrique, on veuille eſtimer la quantité de vapeurs aqueuſes qui ſe détruit par l'effet d'une communication établie entre deux eſpaces, dont l'un eſt ſec & froid, tandis que l'autre eſt chaud & humide. Deux cauſes pourront avoir lieu à la fois, ou l'une d'elles ſéparément; ſavoir, le paſſage des vapeurs en nature, ou ſeulement le paſſage du feu. De même il me ſuffit que M. De Luc m'accorde la diſſipation

de la lumière, lors même que par de solides raisons il nie la dissipation du feu.

Or ce physicien prouve qu'à un certain point d'expansion « le feu rend autant de lumière » qu'il en reçoit, & que dans la nuit il rend » peu-à-peu cette lumière excédante » (1).

III. Mais il ne suffit pas d'avoir montré la possibilité du fait, il faut en démontrer la nécessité.

Lorsque les vapeurs aqueuses diminuent dans un récipient où elles abondoient (sans qu'aucun autre fluide y soit introduit), cela vient ou de ce qu'elles se répandent dans un autre espace, ou de ce que leur feu se dissipe. Lorsqu'un corps se refroidit, cela vient aussi de ce que le feu en sort ou de ce qu'il perd son déférent. Mais en hiver la surface terrestre se refroidit, donc elle perd ou son feu ou son déférent. Or l'intérieur de la terre ne s'enrichit pas de cette perte (2); donc ce feu ou ce déférent se

(1) *Idées sur la météorologie*, T. I, §. 138.

(2) Cette assertion sera suffisamment appuyée dans la suite de cet ouvrage : en attendant je la crois assez évidente, & elle est prise pour telle par les meilleurs physiciens, entr'autres par M. KIRWAN. *Estimate of temp. of diff. lat. p.* 4.

diſſipe. Et ſi c'eſt le déférent, il ne peut ſe diſſiper ſans rayonner, car c'eſt de la lumière ; donc il ſe perd dans l'eſpace ambiant.

IV. Comme l'hiver la terre ſe dépouille de ſa lumière, l'été elle en acquiert une quantité ſurabondante ; & il arrive de-là que quoique les rayons ſolaires ne ſoient point du feu, leurs infuſion & ſoutirement périodiques produiſent le même effet que s'ils étoient du feu. Le feu n'eſt pas de la vapeur aqueuſe. Toutefois l'infuſion & le ſoutirement du feu produiſent dans les lieux humides le même effet qu'y produiroient des courans affluens & effluens de vapeur aqueuſe.

V. Reſte à dire un mot des rapports exacts de ces effets avec leur cauſe. Dans tous mes raiſonnemens ſubſéquens je ſuppoſe ce rapport rigoureux ; car j'enviſage le feu comme une quantité qu'on ajoute ou qu'on ſouſtrait, ſans égard à ſes affinités ni à l'accumulation qui a précédé. Je commets donc la même erreur que commettroit un hygrologiſte qui ſuppoſeroit la quantité des vapeurs aqueuſes en un même lieu proportionnelle à la quantité de feu qu'on y introduit.

Cette erreur eſt conſidérable & compliquée à l'enviſager abſtraitement ; mais elle n'aura pas beaucoup d'influence ſur les réſultats particuliers que j'ai obtenus (1).

Pour rendre cette propoſition plus ſenſible ſuivons la comparaiſon commencée, & entrons dans quelque détail.

A force de verſer du feu ſur un ſol humide on le rend ſec. La quantité d'eau étant limitée, le feu n'y trouve plus de matière pour former des vapeurs. Il ne peut plus s'employer qu'à augmenter la force expanſive des vapeurs déjà formées. De même il eſt poſſible qu'au-delà de certaines limites la baſe du feu ſoit en quelque ſorte épuiſée & que la lumière ne puiſſe plus former du feu. Tout ce qu'elle pourra faire alors ſera d'augmenter l'activité du feu déjà formé. Or la quantité de déférent abſorbée pour former une vapeur eſt bien différente de celle qui s'abſorbe pour augmenter ſon élaſticité. Celle-ci dépend de quelques circonſtances très-variables, & en particulier de la preſſion qu'éprouve la vapeur ; d'où il ſuit qu'elle croît avec l'accumulation de cette vapeur. Une même

(1) Et dans un très-grand nombre de cas on peut enviſager l'erreur comme nulle. Voyez §. 23.

quantité de feu dilate moins la vapeur aqueuſe chargée du poids d'une double ou triple atmoſphère de même nature, qu'il ne faiſoit lorſque la vapeur n'en ſupportoit qu'une. La lumière ſolaire donnera moins de force au feu pour faire monter le thermomètre, lorſque le feu ſera déjà très-abondant ſur la terre & y formera une atmoſphère ignée conſidérable.

VI. Telles ſont les différences qu'introduit dans les réſultats la conſidération de l'hypothèſe phyſique de M. DE LUC.

Il paroît donc 1°. que dans les cas où il n'eſt queſtion que de la tranſmiſſion du feu en nature, c'eſt-à-dire dans la plupart de nos expériences, & dans un grand nombre d'obſervations rélatives à des phénomènes ſublunaires, nos réſultats ne feront pas altérés. 2°. Dans les cas où il s'agit de la tranſmiſſion du déférent ſeul (comme ſont la plupart de ceux que j'ai conſidérés) il faut avoir égard à l'effet de cette circonſtance ſur les réſultats.

J'y aurai donc égard, & l'on verra que ceux-ci en feront confirmés.

Cette première Section ne traitant que des principes géneraux, ne doit ſubir aucune modification.



CHAPITRE PREMIER.

De l'équilibre du feu.

§. 1. DES expériences sûres prouvent que *la chaleur obscure rayonne* comme la lumière. Elle partage avec celle-ci toutes ses propriétés catoptriques. Un miroir plan la réfléchit sous la loi connue ; un miroir concave la fait converger au même foyer. Ces émissions & réflexions s'exécutent dans un instant sensiblement indivisible à toutes les distances que les physiciens ont observées (1).

§. 2. Non-seulement la chaleur se réfléchit, mais *le froid a paru se réfléchir* dans une expérience curieuse tentée par M. PICTET (2).

Deux miroirs concaves, pareils à tous égards, étant opposés en face l'un de l'autre (dans un lieu dont la température est de quelques degrés au-dessus de *zéro*) : si l'on place au foyer de

(1) *Pyrométrie de LAMBERT*, §. 378 ; citée par M. DE SAUSSURE, *Voyages dans les Alpes*, T. II, §. 926. *Essai sur le feu, par M. A. PICTET*, §. 49 *& suivans.*

(2) *Essai sur le feu*, §. 69.

l'un un thermomètre, au foyer de l'autre un morceau de glace, le thermomètre deſcend à l'inſtant. Ce même thermomètre, placé hors du foyer, reſte immobile.

§. 3. Ces faits prouvent que *le feu eſt un fluide diſcret, très-ſubtil, dont les molécules ſont ſans ceſſe agitées*, & ſe meuvent ſenſiblement comme la lumière, tant qu'elles ne rencontrent point d'obſtacles.

La réflexion du froid en particulier (qui n'eſt que celle de la chaleur en ſens inverſe) ne peut s'expliquer qu'en ſuppoſant un jeu continuel de la chaleur rayonnante en tout état de température, même dans l'état d'équilibre. Et au moyen de cette ſuppoſition le phénomène s'explique aiſément.

§. 4. Ceci conduit à des idées juſtes & bien définies touchant l'*équilibre du feu*. Cet équilibre *conſiſte dans l'égalité des échanges produits par le rayonnement.* Si deux corps voiſins s'envoient mutuellement un même nombre de particules ignées dans un tems donné, leur voiſinage n'altère point leur température. Leurs chaleurs paroiſſent en équilibre.

Cet équilibre eſt rompu, ſi l'un en envoie plus

que l'autre ne lui en renvoie. Et à force d'échanges inégaux, l'équilibre rompu se rétablit.

§. 5. M. Le Sage de Genève à qui je communiquai un mémoire dans lequel j'exposois cette théorie, & qui a été imprimé dans le *Journal de physique* (1), me remit une note qu'il avoit écrite plus de trente ans auparavant dans le but d'estimer le tems nécessaire pour ramener cette espèce d'*équilibre entre deux fluides discrets quelconques.*

En appliquant ses théorêmes à mon sujet, j'en tirai ce résultat propre à rendre sensible la marche du phénomène.

Supposons que les densités du feu libre dans deux espaces voisins soient comme les nombres 1 & 2 (c'est-à-dire que l'un soit deux fois plus chaud que l'autre). Supposons encore que dans une seconde il passe de l'un à l'autre espace un nombre de particules ignées qui soit au total comme 1 est à 10 (ensorte que pendant ce petit tems, il se fasse des échanges pour un dixième de tout le feu). Après sept secondes, le rapport des densités du feu dans les deux espaces

(1) *Avril 1791.*

sera celui de 5 à 6. Après quatorze secondes, ces densités seront comme les nombres 28 & 29, c'est-à-dire, très-voisines de l'égalité : l'équilibre bientôt paroîtra rétabli.

§. 6. Ce que je viens d'exposer regarde le feu libre & rayonnant. Les corps solides ou fluides gênent les mouvemens du feu. Mais lorsqu'il passe d'un corps à l'autre, on peut toujours concevoir un moment où il est dégagé de ses entraves.

Lorsqu'on place un thermomètre dans un lieu chaud, la chaleur rayonnante est la première qui l'affecte : il se conforme ensuite à la température des corps qui le touchent, selon leur propriété plus ou moins *conductrice*.

L'air ambiant en particulier le ramène assez vîte à la sienne, à cause de son agitation interne & des courans qui s'y forment, lesquels occasionnent un mouvement successif & continuel de ses particules auprès de la boule du thermomètre.

§. 7. Ce même air, soit grossier, soit subtil, est le principal *obstacle qui s'oppose à l'émission de la chaleur rayonnante*, & qui retient & cohibe le feu dans les corps qui s'y trouvent plongés. Otez toute résistance, le feu s'échap-

pera rapidement de la surface de ces corps. Il sera remplacé plus lentement par le feu intérieur qui serpente à travers leurs pores, & il finira par se dissiper entiérement.

§. 8. Malgré l'obstacle que lui oppose l'air grossier & subtil, il s'échappe une chaleur rayonnante considérable des corps à toutes les températures observables. Toutes les notions sur l'équilibre du feu libre s'appliquent à cette émission. Il y a aussi *équilibre du feu gêné* entre deux corps contigus qui s'en donnent mutuellement des quantités égales avec lenteur.

L'expérience & le raisonnement prouvent que ces deux équilibres ont lieu à la fois. Deux corps contigus qui paroissent à même température lancent d'égales quantités de chaleur rayonnante. Et réciproquement, deux corps qui rayonnent également, mis en contact, ne changent point de température.

§. 9. Mais on sait que la quantité absolue du feu contenu dans les corps de diverse nature n'est pas en raison de la quantité de feu qu'ils émettent au-dehors. Leur *capacité de chaleur* varie & dépend de leur texture & de leur nature propre.

§. 10. Outre le feu libre & le feu gêné, il y a un feu *combiné* & ſoumis aux lois de ſes affinités. Tant qu'il ne ſe dégage point de ſes liens, ce feu n'influe pas directement ſur la chaleur, encore moins ſur ſon équilibre.

§. 11. Il ſuit de ces principes que l'*équilibre thermométrique du feu* (c'eſt-à-dire celui qu'on dit avoir lieu entre deux corps voiſins ou contigus qui tiennent le thermomètre au même degré) *eſt toujours le réſultat d'échanges égaux* entre deux courans oppoſés ; ſoit que ces courans ſortent d'un lieu vide où ils ſe mouvoient librement, ſoit qu'ils réſultent du dégagement ſucceſſif de quelque partie du feu gêné & ſerpentant dans l'intérieur des corps.

Un corps qui reçoit un courant de feu égal à celui qu'il émet a une chaleur conſtante. Celui qui reçoit plus qu'il n'émet s'échauffe. Celui qui émet plus qu'il ne reçoit ſe refroidit.



CHAPITRE II.

Des lois de la chaleur croissante & décroissante.

§. 12. LORSQU'UNE source de chaleur s'ouvre, les corps qui y sont exposés l'absorbent selon leur nature. Mais comme ils n'en reçoivent qu'une quantité donnée en un tems donné, *il leur faut un certain tems pour atteindre un degré donné de température.*

J'ai indiqué le résultat du calcul de ce tems pour le feu libre (§. 5). Si le feu est gêné tout devient moins simple. Cependant dans des degrés peu distans & d'une température moyenne, nous nous assurons que la chaleur acquise par la communication dépend pour un seul & même corps du tems & de l'intensité.

Si l'on présente à un même feu à certaine distance un corps quelconque (les mains, un barreau de fer, un matras plein d'eau froide), ce corps s'échauffe peu dans un tems court (tel qu'une seconde), il s'échauffe beaucoup dans un tems long (tel qu'une minute). Et si

ſi l'on approche ce corps pendant un même tems de deux feux différens, il s'échauffera plus auprès du feu le plus ardent.

§. 13. La loi rélative à l'intenſité eſt très-évidente, & tous les phyſiciens la ſuppoſent. NEWTON l'admet ſans difficulté, quant à la chaleur ſolaire. *Eſt enim calor ſolis ut radiorum denſitas*, dit-il, en cherchant à l'apprécier (1). Sur quoi M. DE MAIRAN obſerve que de quelque façon qu'on entende la différence qu'il y a de la chaleur à la lumière, & quels que ſoient les agens ſecondaires que les rayons du ſoleil mettent en mouvement, les effets en feront toujours proportionnels à la cauſe. Ce phyſicien a confirmé ce principe par une expérience directe. Il a réfléchi ſur la boule d'un thermomètre l'image du ſoleil au moyen de pluſieurs miroirs plans; & il a obſervé que le nombre des degrés dont la liqueur montoit dans le tube étoit proportionnel au nombre des miroirs; c'eſt-à-dire, que ſi un ſeul miroir avoit fait monter le mercure de 3 degrés, deux

(1) *Princip.* L. III, Pr. 41.

miroirs réunis le faisoient monter de 6, & trois miroirs de 9 degrés (1).

Ce résultat est plus compliqué qu'il ne paroît; mais il ne laisse pas de prouver la proposition que l'auteur a en vue d'établir, comme on le verra lorsque nous en aurons séparé les élémens (§. 17.)

Enfin on ne peut refuser d'admettre, qu'en faisant abstraction du feu qui sort, plus il afflue & plus aussi le corps en possède.

Ainsi *la chaleur entrante* en un tems donné *est proportionnelle à l'intensité de la source.*

§. 14. Continuant à ne pas tenir compte de la chaleur qui sort, & supposant la source constante & immuable, il est clair que *la chaleur entrante doit être comme le tems* pendant lequel le corps est soumis à son influence, car chaque instant ajoute une même chaleur. L'action d'une force, ainsi que l'observe M. ÆPINUS (2), est toujours proportionnelle au tems pendant lequel elle s'exerce. La vîtesse

---

(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris pour* 1765. *Nouvelles Recherches*, &c. §§. 42 & 22.

(2) *Cogitat. de distributione caloris per tellurem adnot.* (*d*).

acquiſe par un grave pendant ſa chûte eſt proportionnelle au tems pendant lequel il a été librement expoſé aux coups de la peſanteur. Or la chaleur peut être comparée aux forces de ce genre, c'eſt-à-dire à celles dont les agens ne ſe nuiſent point par leur action mutuelle; car le feu eſt ſi ſubtil, ſes particules ont un diamètre ſi petit relativement à leurs diſtances, que leur accumulation, au point où elle a lieu dans les phénomènes obſervés, n'apporte aucun obſtacle au progrès de cette accumulation; jamais le feu introduit dans un corps ne ferme le paſſage au nouveau feu qui cherche à s'y introduire.

§. 15. Ainſi l'accumulation de cet élément dans un lieu duquel il ne ſort point, eſt toujours proportionnelle à l'intenſité de la cauſe qui l'y fait entrer, multipliée par le tems. *La chaleur entrante eſt en raiſon compoſée du tems & de l'intenſité.*

§. 16. *Si la chaleur interne eſt maintenue conſtamment au même degré, la chaleur rayonnante eſt en raiſon compoſée de l'intenſité de la chaleur interne & du tems.* Le tems étant le même, un même eſpace ou un même corps

deux fois plus chaud lancera deux fois plus de rayons calorifiques. Et la chaleur reſtant la même, il lancera deux fois plus de rayons dans un tems double.

Cela eſt évident lorſque le feu eſt libre. Quant au feu gêné, ſuppoſons d'abord le corps dont il s'agit plongé dans un eſpace vîde. Quelles que ſoient les circonſtances qui procurent l'arrivée du feu gêné à la ſurface du corps & ſon évaſion dans l'eſpace, plus il y aura de particules ignées captives dans le corps, & plus auſſi il s'en trouvera qui ſeront à portée de profiter de ces circonſtances. Et de même, plus le tems ſera long, plus auſſi ces occaſions ſeront fréquentes; car le feu eſt compoſé de particules agitées qui tentent ſans ceſſe toutes les iſſues, & ces particules ſont ſi déliées qu'elles ne s'entravent point l'une l'autre dans leurs mouvemens, ou que du moins leurs rencontres mutuelles ſont très-rares, & ne valent pas qu'on en tienne compte.

Suppoſons maintenant le corps plongé dans un milieu qui fait obſtacle à la ſortie du feu, (tel que l'air). Ce milieu interceptera une certaine partie aliquote du courant de feu rayon-

nant (par exemple la dixième). Or nous pourrons dire du reste (des neuf dixièmes) tout ce que nous venons de dire du courant total.

Ainsi, dans tous les cas, la chaleur rayonnante est en raison composée de l'intensité de la chaleur interne maintenue constante & du tems.

§. 17. Il est très-difficile de confirmer ces lois par des expériences directes, parce qu'elles se compliquent mutuellement. En effet, tous les corps à notre portée étant chauds, rayonnent ; & lorsqu'on les expose à un courant de chaleur, on ne sauroit distinguer expérimentalement la chaleur entrante de la chaleur sortante. Or l'*échauffement n'est que la différence de ces deux chaleurs*. Et cette différence n'est pas proportionnelle à la chaleur entrante, ni à la chaleur sortante, prises à part ; si ce n'est par hasard dans quelques cas particuliers. Il faut donc analyser chaque expérience, & voir si les résultats sont conformes à ceux que donnent les lois que nous venons d'établir. C'est ainsi que je regarde comme concluante l'expérience des miroirs de M. DE MAIRAN citée au §. 12. Dans cette expérience M. DE MAIRAN n'ayant point eu égard au tems, il n'est question que

de la loi rélative à l'intensité de la source. Dès-lors la chaleur acquise & la chaleur rayonnante qu'elle produit suivent la même loi. Donc aussi leur différence ou l'échauffement qui en résulte leur est proportionnel.

§. 18. Ce cas n'est qu'une application particulière de la loi que RICHMANN a reconnue par une suite d'expériences aussi exactes qu'ingénieuses. Par cette loi, faisant abstraction des masses & des surfaces, *l'échauffement ou le réfroidissement d'un corps exposé à l'air*: (celui-ci étant maintenu constamment au même degré) *est, en tems égal, proportionnel à la différence de leurs températures initiales* (1).

Cette loi, obtenue par l'expérience directe sur de petits intervalles de tems, tels que cinq minutes, est par-là même prouvée pour de plus grands intervalles dans les circonstances de l'expérience: car le milieu étant constant & le premier échauffement ou réfroidissement du corps étant proportionnel à la différence initiale, la somme ou le reste, & par conséquent le second échauffement ou réfroidissement y

(1) *Nov. Comm. Acad. Petrop.* T. I, pag. 191.

ſera également proportionnel, & ainſi du troiſième & des ſuivans, & de leur ſomme.

§. 19. Lorſqu'un corps chaud eſt plongé dans un eſpace froid, la chaleur rayonnante lui enlève à chaque inſtant une partie de ſa chaleur interne, proportionnelle à ce qui lui en reſte. Si, par exemple, il perd la dixième de ſa chaleur interne pendant un ſeul de ces inſtans indiviſibles, on conçoit qu'après le premier inſtant il ne lui reſtera que les $\frac{9}{10}$ de ſa chaleur primitive, au ſecond inſtant les $\frac{9}{10}$ de ces $\frac{9}{10}$, & ainſi de ſuite.

Et ſi le corps, au lieu d'être plongé dans le vuide, ſe trouve plongé dans un milieu moins chaud que lui, mais ſans ceſſe renouvellé & maintenu à une température conſtante, cette loi de réfroidiſſement aura lieu pour l'excès de chaleur du corps par deſſus la température du milieu; car pour toute leur chaleur commune les échanges ſont égaux, & l'on peut en faire abſtraction.

L'expérience a confirmé cette loi. NEWTON l'a ſuppoſée dans ſes eſſais comparés du réfroidiſſement du feu. Et cette ſuppoſition a donné

des résultats conformes à l'observation (1). Et RICHMANN, employant à la fois ses propres expériences & celles de KRAFFT, l'a démontrée directement (2).

Ainsi *dans un milieu d'une température constante*, un corps s'échauffe ou se réfroidit, de sorte que *les différences de sa chaleur* à celle du milieu *sont en progression géométrique, tandis que les tems de l'échauffement ou du réfroidissement sont en progression arithmétique* (3).

§. 20. Dans les cas précédens il y a toujours une quantité constante ; savoir, la température du milieu. On peut demander la loi de l'échauffement ou réfroidissement, dans le cas où les deux corps mis en communication seroient également exposés à changer de température.

(1) NEWTONI *Opuscula*. T. II, pag. 423,

(2) *Nov. Comm. Acad. Petrop.* T. I, pag. 195.

(3) On ne peut donc pas dire que, selon NEWTON, & RICHMANN, la vîtesse de l'échauffement est proportionnelle à la différence de température entre un corps & les rayons solaires auxquels on l'expose. C'est une inexactitude qu'a commise un physicien d'ailleurs très-exact, & que je fais remarquer parce qu'elle peut jeter dans de fausses routes ceux qui ne s'en défieroient pas. Voyez ÆPINI *Cogitat. de distrib. cal. per tellurem, Adnot.* (*a*), p. 27.

Pour arriver à la folution de ce cas compliqué, il faut confidérer ces deux corps comme égaux, & comme tellement ifolés & garantis de tous côtés de toute autre influence, qu'ils ne gagnent ou perdent de la chaleur qu'en vertu de leur communication mutuelle.

Cette communication fe faifant felon les lois propres à la chaleur rayonnante que nous avons expofées ci-deffus, voici les formules qui donneront la folution defirée.

Soit a, l'excès de chaleur d'un des corps fur la chaleur de l'autre.

$\frac{1}{p}$, l'aliquote de chaleur perdue par le rayonnement dans un inftant.

n, la durée de l'échauffement.

e, la quantité de chaleur acquife pendant le tems n, par le moins chaud, foit le réchauffement de celui-ci, le refroidiffement de celui-là.

Formules.

$$e = \frac{a}{2}\left(1 - \left(\frac{p-2}{p}\right)^n\right).$$

$$n = \frac{Log.\, a - Log.\,(a-2e)}{Log.\, p - Log.\,(p-2)}$$

Maintenant pour nous rapprocher de la nature, ſuppoſons que les corps mis en expérience ne ſe communiquent qu'une partie de leur chaleur, tandis que le reſte rayonne dans l'eſpace.

Soient a & *zéro*, les chaleurs des deux corps égaux & ſemblables au premier inſtant de leur communication; $\frac{1}{p}$, la partie aliquote de ſa chaleur abſolue que l'un & l'autre perd dans un inſtant par le rayonnement; $\frac{1}{q}$, la partie aliquote du rayonnement d'un corps pendant un inſtant reçue par l'autre corps, & partant $\frac{q-1}{q}$ celle qui ſe perd dans l'eſpace.

Après n inſtans la chaleur du corps primitivement chaud eſt réduite à

$$\frac{a}{2}\left(\left[\frac{p-1}{p}+\frac{1}{pq}\right]^n+\left[\frac{p-1}{p}-\frac{1}{pq}\right]^n\right)$$

Celle du corps réchauffé eſt

$$\frac{a}{2}\left(\left[\frac{p-1}{p}+\frac{1}{pq}\right]^n-\left[\frac{p-1}{p}-\frac{1}{pq}\right]^n\right)$$

enſorte que la quantité de chaleur perdue dans l'eſpace eſt

$$a\left(1-\left[\frac{p-1}{p}+\frac{1}{pq}\right]^n\right)$$

§. 21. Ces formules m'ont été fournies par M. DE VÉGOBRE (1), de qui j'aurai occasion de citer encore d'autres remarques essentielles (§. 100).

Je ne connois pas d'expériences faites avec soin auxquelles elles s'appliquent directement. On peut cependant les comparer aux résultats obtenus par RICHMANN (2); car ces formules étant générales, contiennent tous les cas particuliers (3). Et de plus la température du milieu ayant subi dans ces expériences quelques variations, desquelles l'auteur fait mention, on peut en estimer les effets. Mais il semble que les physiciens qui s'occupent du bel art d'interroger la nature par la voie expérimentale, peuvent trouver dans la vérification directe & détaillée de ces formules, un heureux emploi de leurs forces & de leurs lumières.

(1) Et il a vérifié que la première de ces formules étoit conforme à celles de M. LE SAGE (§. 5.)

(2) *Nov. Comm. Acad. Petrop.* T. I, p. 195.

(3) Je parle des cas que je considère, c'est-à-dire, de ceux où l'on fait abstraction des masses & des surfaces. Ces nouvelles considérations pourroient y être introduites, & l'on pourroit, je pense, partir de la loi que j'indique en note au §. 22.

En attendant elles serviront à fixer nos idées sur la loi de la communication de la chaleur.

On y reconnoît d'abord que le tems ne changeant pas, l'échauffement est proportionnel à la différence initiale entre les températures. D'où il suit qu'*à mesure qu'un corps s'échauffe ou se réfroidit, les progrès de son changement de température deviennent plus lents en tems égal.* Loi très-facile à observer dans les expériences journalières les plus communes, & qui est souvent employée en physique. Si la source de chaleur est constante, le corps reçoit bien toujours en tems égaux d'égales quantités de chaleur ; mais il en perd davantage à mesure qu'il est plus échauffé.

Dans la rigueur mathématique le tems nécessaire pour rendre les températures égales entre les deux corps est infini, & c'est ce qu'exprime la seconde formule ; car si l'on y fait $e = \frac{a}{2}$, le numérateur y devient infini par la soustraction du log. de *zéro* qui est un infini négatif. Il n'est pas nécessaire de faire remarquer comment ce résultat rigoureux est modifié dans l'expérience, & je laisse aux physiciens à tirer de ces formules les autres conséquences qui peuvent les intéresser.

§. 22. Je ne parle point des rapports de la chaleur interne ou rayonnante avec *la maſſe*, *le volume* ou *la ſurface* des corps, parce que je n'aurai pas occaſion de m'en occuper ſous ce point de vue (1).

Je ne dis rien de la loi connue rélative à la *diſtance*, ſavoir, l'inverſe du quarré, parce qu'elle eſt ſuffiſamment établie. Dans l'air, ce rapport inverſe ſera toujours obſervé beaucoup plus grand, à cauſe de l'interception des molécules de feu. Mais je n'aurai occaſion d'appliquer cette loi qu'à des cas où le feu ſe meut dans des eſpaces ſenſiblement vîdes.

§. 23. RICHMANN a prouvé par voie d'expérience que la loi que ſuit la quantité de l'évaporation de l'eau eſt la proportion exacte du feu qu'on y introduit, toutes choſes d'ailleurs égales & dans les limites des phénomènes ſoumis à ſes obſervations; car l'évaporation a été ſenſiblement proportionnelle à la ſomme des chaleurs que l'eau a dû recevoir d'un air plus

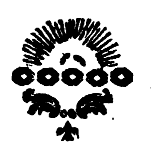
(1) *Les réfroidiſſemens dans l'air* (abſtraction faite des autres rapports) *ſont directement comme les ſurfaces & inverſément comme les maſſes.* C'eſt le réſultat des expériences de RICHMANN. *Nov. Comm. Acad. Petrop.* Tom. I, pag. 191.

chaud qu'elle (1); ſelon la loi établie ci-deſſus rélativement à cette influence (§§. 18 & 19).

Si le feu eſt une vapeur, il y a donc lieu de préſumer qu'elle ſe comporte à l'égard de ſon déférent d'une manière analogue; c'eſt-à-dire, que dans des limites aſſez étendues, les phénomènes ſont les mêmes que ſi la quantité du feu formé étoit exactement proportionnelle à la quantité de lumière verſée dans le lieu où il ſe forme.

---

(1) *Nov. Comm. Acad. Petrop.* Tom. I, p. 200 & 205.



CHAPITRE III.

Remarque météorologique.

§. 24. *Phénomène.*

LA nuit, lorſque le ciel eſt ſerein, l'air eſt généralement plus froid près de la terre. Au printems & en automne, il gèle peu lorſque le ciel eſt couvert. Souvent enfin, par une nuit ſereine, s'il vient à paſſer un nuage par le zénith de l'obſervateur, à l'inſtant il voit monter le thermomètre.

§. 25. *Eſſai d'explication.*

L'air même le plus denſe, tel que celui de nos plaines, eſt perméable à la chaleur rayonnante; car c'eſt dans cet air qu'on obſerve celle-ci. L'air rare des régions ſupérieures de l'atmoſphère eſt encore plus perméable; il eſt en quelque ſorte tranſparent, ou plutôt *tranſcaloreux.* Mais l'eau ne l'eſt pas, ni la vapeur véſiculaire. Les nuages ſont opaques pour la chaleur comme pour la lumière. Ils abſorbent

l'une & l'autre, & ne la laissent passer que lentement (1).

Ainsi la chaleur rayonnante de la terre traverse avec facilité l'atmosphère pure, mais elle est interceptée par les nuages. Ceux-ci sont donc pour la terre une espèce de vêtement. Ils empêchent l'écoulement de sa chaleur rayonnante; & en la recevant vers leur partie inférieure, ils s'échauffent de ce côté-là comme un habit s'échauffe du côté du corps, & par conséquent ils renvoient à la terre un peu plus de chaleur rayonnante que ne peut faire l'air transparent.

La surface supérieure du nuage se réfroidit au contraire par l'émission facile de sa chaleur dans un air raréfié. Mais le passage lent de la chaleur gênée qui serpente de l'une à l'autre surface, ne peut rétablir l'équilibre incessamment rompu par la source inépuisable de chaleur du côté de la terre, & par le gouffre toujours ouvert où elle se précipite de l'autre. Tout

(1) *Essai sur le feu par M.* Pictet, §. 60. On voit dans cet article combien l'opacité nuit à la transmission de la chaleur.

Tout nuage la nuit eſt donc exactement comparable à un vêtement très-épais qui recouvre un corps maintenu chaud par une cauſe interne & perpétuelle (tel qu'eſt, par exemple, le corps humain). La ſurface intérieure eſt chaude, la ſurface extérieure participe à la température froide de l'air ambiant. Et l'application du vêtement ſur le corps y maintient la chaleur.

On n'a pas lieu d'être ſurpris de la promptitude de l'effet, parce que tout le jeu de la chaleur rayonnante, allant & revenant de la terre au nuage & du nuage à la terre, s'exécute en un inſtant indiviſible. D'ailleurs à l'inſtant où le nuage arrive au zénith, il arrive en quelque ſorte tout préparé. Sa partie inférieure a déjà acquis une chaleur excédante. Déjà elle émet plus de chaleur rayonnante que pareille étendue d'air de la même région. C'eſt un lambeau de vêtement qui paſſe d'une partie du corps à l'autre. Ainſi à l'inſtant même où ce vêtement chaud vient couvrir l'obſervateur, le thermomètre doit accuſer ſa préſence.

§. 26. Le jour ſi le ſoleil frappe la ſurface ſupérieure du nuage, l'effet doit changer; mais je ne pouſſerai pas cette explication plus loin;

je ne tenterai pas non plus de déterminer ici le rapport qu'il peut y avoir entre la cause que je viens d'indiquer & l'électricité des nuages.

§. 27. Les nuages arrêtent la chaleur rayonnante, comme la neige arrête la chaleur prête à rayonner. Ainsi la neige est aussi & plus exactement un vêtement pour la terre.

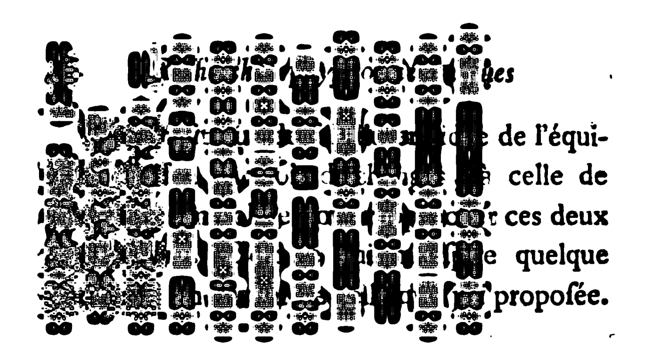
Lorsque le froid est très-rigoureux & que la surface de la terre est nue, elle gèle; mais si la neige la recouvre, à moins que le froid ne dure très long-tems & jusqu'au point d'épuiser la source de chaleur interne, la gelée ne pénètre pas jusqu'à la terre. A peine la chaleur rayonnante en sort elle, qu'elle est interceptée par les molécules de glace qui composent la neige, qu'elle entretient ainsi à un degré de chaleur plus tempéré & dont elle occasionne même la fusion (1).

§. 28. L'explication que je viens de donner confirme & détermine, si je ne me trompe, celle que M. Pictet a proposée sous le titre modeste de *conjecture*.

(1) *Voyages dans les Alpes par* M. De Saussure, Tom. I, §. 532.

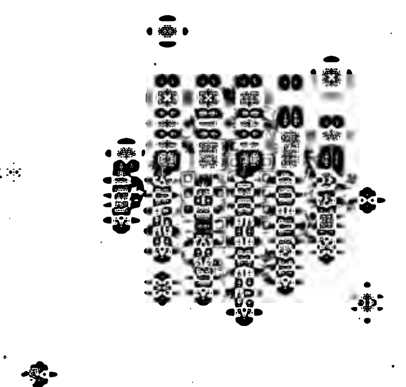
« Cette chaleur qui ſe dégage, dit cet habile » phyſicien, & qui reſte quelque tems mêlée » dans la vapeur véſiculaire, explique juſqu'à » un certain point pourquoi le froid n'eſt jamais » auſſi rigoureux dans les tems couverts que » dans ceux qui ſont ſereins. Dans le tems » ſerein, la rupture d'équilibre entre la tem- » pérature des couches ſupérieures & infé- » rieures de l'atmoſphère peut être conſidérée » comme occaſionnant un courant de feu con- » tinu de bas en haut, qui dépouille de la » partie libre de ce fluide & la ſurface du ſol, » & les couches d'air voiſines, dans une pro- » greſſion plus rapide que le ſol lui-même ne » fournit à remplacer cette chaleur qui s'en- » vole; or le feu, je ne me laſſe point de le » répéter, ne peut être contenu ou cohibé » que par lui-même; s'il ſe préſente donc un » nuage à une certaine hauteur, le feu qu'il » porte avec lui arrête le courant dont je parle, » le fait refluer au contraire vers le bas, & » donne lieu à celui qui continue à s'échapper « du ſol de ſe raſſembler dans les couches infé- » rieures & d'en adoucir la température (1) ».

(1) *Eſſai ſur le feu*, §. 143.



...hes

... de l'équi-
... celle de
... ces deux
... quelque
... propofée.





SECTION II.

De la chaleur ſolaire & de la chaleur propre de la terre.

INTRODUCTION.

I. UNE partie conſidérable du ſujet que j'entreprends a été traitée par M. DE LUC dans ſes *Lettres ſur l'hiſtoire de la terre.* Il y a donc une ſorte de témérité apparente à le traiter de nouveau, & je dois prévenir d'entrée l'impreſſion défavorable que cette circonſtance pourroit faire ſur l'eſprit du lecteur.

Je voulois propoſer ſur l'eſtimation de la chaleur ſolaire d'été & d'hiver une idée qui peut jeter quelque jour ſur cet objet, c'eſt l'analyſe d'une ſuite d'obſervations qui n'a pas été préſentée ſous ce point de vue. Je ne prétends pas donner à ce léger travail aucune importance, mais il eſt du moins diſtinct de tout autre.

Il n'en est pas de même de l'analyse que je fais du mémoire de M. De Mairan. On trouve cette analyse dans plusieurs auteurs, & en particulier dans l'ouvrage de M. De Luc que je viens de citer. Je me bornerai à dire ce qui m'a empêché de me contenter de ce dernier travail. C'est qu'il est tout entier fondé sur une analyse antérieure, comme l'auteur a soin d'en prévenir ses lecteurs (1). Et malheureusement cette base n'est point suffisante à un tel édifice. Si des travaux plus importans n'avoient forcé ce physicien de borner ses recherches à cet égard, il auroit jeté sans doute un nouveau jour sur cette matière.

Cependant la question de la chaleur rayonnante étoit bien moins susceptible d'être éclaircie à l'époque où M. De Luc écrivoit ses *Lettres sur l'histoire de la terre*, qu'elle ne l'est aujourd'hui. Rien ne le prouve mieux, que la comparaison qu'on peut faire entre la même théorie du feu, exposée par le même auteur, dans cet ouvrage, & dans celui qu'il a publié depuis sous le titre

(1) *Lettres sur l'hist. de la terre*, Part. XI, p. 522.

d'*Idées ſur la météorologie.* C'eſt dans ce dernier ſeulement, ou même dans des écrits ſubſéquens, que l'auteur, fondé ſur des expériences récentes, (rélatives à la combuſtion, à la vaporiſation, à la congélation, à l'ignition, à la chaleur latente), eſt arrivé à la conception nette & clairement déduite de l'union foible qui produit ce qu'il nomme *vapeur*, & à la diſtinction de ce produit d'avec les fluides *aériformes.* Le feu rangé ſous la claſſe des vapeurs y peut offrir tous les phénomènes de la chaleur rayonnante par le moyen de ſon déférent, lors même que l'auteur de cette belle théorie perſiſteroit dans ſes premières idées ſur la lenteur du mouvement progreſſif des molécules compoſées. Et il faut bien que toute théorie vraie ſoit d'accord avec des phénomènes qu'atteſte l'expérience.

Enfin, je n'aurai pas beſoin de me juſtifier d'avoir ajouté quelques réflexions ſur une queſtion que M. De Luc a traitée à fond, je veux dire le réfroidiſſement du globe terreſtre, ſi ces réflexions contribuent à l'éclaircir : outre que je tends au même but, je me borne à citer

des faits & à appliquer à cette question des principes que j'avois à cœur d'établir.

II. J'ai annoncé que j'indiquerois les corrections que peut occasionner dans mes résultats l'écart qui se trouve entre les principes de M. De Luc & ceux de la théorie abstraite du feu conçu comme élémentaire ou simple. Mais dans cette section cette correction est inutile. Si (comme mes résultats semblent le promettre) le calcul fait abstraitement s'accorde avec l'observation, on aura lieu de présumer que l'écart entre les deux hypothèses n'est pas grand.

Je dirai cependant que dans des climats d'une latitude très-petite, il se pourroit que l'écart fût plus grand ; car il pourroit bien arriver que dans ces climats, la matière grave ou la base du feu s'épuisât par l'abondance de l'irradiation lumineuse, ou que cette vapeur devînt tellement condensée que le nouveau feu eût sensiblement plus de peine à se former.

III. C'est peut-être à cette raison qu'il faut en partie attribuer l'uniformité remarquée dans le maximum de chaleur des climats les plus différens. Mais la raison de la durée des jours y influe considérablement.

A cet égard & à d'autres, des calculs & des obſervations comparées feront peut-être diſtinguer les cauſes.

IV. Ce qui prouve que la chaleur produite par les rayons ſolaires peut être cenſée proportionnelle à la denſité de ſes rayons à la ſurface de la terre dans la plupart des phénomènes, c'eſt l'accord que nous obſervons entre ces deux effets dans les cas où nous en pouvons juger avec exactitude.

RICHMANN a fait là-deſſus des expériences directes que ſa mort prématurée l'empêcha de porter au point de perfection qu'il avoit en vue. Il plongea des thermomètres dans le cône lumineux ſortant d'une forte lentille expoſée aux rayons ſolaires. Et les degrés qu'ils indiquèrent furent à-peu-près proportionnels à la denſité calculée de ces rayons dans le lieu où le thermomètre étoit placé. Seulement dans les degrés très-élevés, le mercure du thermomètre lui parut ſe dilater au-delà des limites indiquées par le calcul, ce qu'il ſuppoſoit provenir de l'affoibliſſement d'attraction entre ſes molécules réſultant de l'augmentation de leur diſtance (1).

(1) *Nov. Comm. acad. Petrop.* T. IV, p. 289.



CHAPITRE PREMIER.

De la chaleur solaire comparée à la chaleur propre de la terre, à sa surface, & au lieu de l'observation.

§. 29. M. De Mairan qui a traité ce sujet à fond & à deux époques très-éloignées (1), envisage la chaleur solaire comme fort petite en comparaison de la chaleur propre de la terre. Le raisonnement qui le conduit à ce résultat, & qui fait la base de son ouvrage, est celui-ci.

Pendant le cours d'une année, la chaleur solaire d'été est à celle d'hiver dans un très-grand rapport (à Paris au moins = 16 : 1).

Mais pendant le cours d'une année, la chaleur réelle & observée à la surface de la terre l'été, est à celle de l'hiver, dans un très-petit rapport (à Paris tout au plus = 32 : 31).

(1) *Mémoires de l'Ac. des Sciences de Paris pour 1719 & pour 1765.*

Donc à la ſurface de la terre & pendant le cours d'une année, la chaleur réelle eſt en partie indépendante de la chaleur ſolaire.

§. 30. Les prémiſſes de ce raiſonnement ſont ſuſceptibles de diſcuſſion rélativement à la grandeur préciſe des rapports ſur leſquels elles s'appuient ; mais dans leur généralité elles ſont inconteſtables, & par conſéquent la concluſion eſt certaine.

Les expreſſions dans leſquelles M. DE MAIRAN s'eſt renfermé donnent peu de priſe aux objections ; mais on y reconnoît l'état d'imperfection de la théorie de la chaleur à l'époque où il s'occupoit d'une queſtion qui y eſt ſi intimément liée. Il paroît n'eſtimer la chaleur ſolaire abſolue que par ſa valeur rélative, c'eſt-à-dire, par ſon impreſſion ſur le thermomètre (1). Il ne tient pas compte du réfroidiſſement produit à la ſurface du globe terreſtre par l'émiſſion de la chaleur rayonnante, &

(1) En rapportant l'expérience que j'ai citée & analyſée ci-deſſus (§. 13.). Mais ſur-tout au §. 191 de ſes *Nouvelles recherches, &c.* où il raiſonne ſur les degrés de variation de l'hiver à l'été qui ont été obſervés, comme repréſentant la vraie chaleur ſolaire abſolue.

néglige même celui qui a lieu du côté obscur (1).

Ces conceptions imparfaites ont égaré des physiciens moins exacts & plus hardis dans leurs hypothèses. Il peut donc être utile d'analyser, d'après les principes reconnus vrais aujourd'hui, les conséquences du phénomène observé par M. DE MAIRAN. C'est ce que je vais faire.

§. 31. Quelle que puisse être la nature de la lumière & quelque raison qu'on puisse avoir de la distinguer du feu, c'est un fait incontestable que le soleil échauffe la terre, & que c'est de son influence que résulte la variété des saisons.

Un second fait non moins certain, c'est que la surface ou l'écorce extérieure de la terre s'échauffe en été & se réfroidit en hiver. L'homme ignorant n'en doute pas, & l'observateur éclairé en trouve la démonstration dans la température constante des caves profondes, laquelle est moyenne entre les chaleurs d'été & d'hiver qu'éprouve la surface.

(1) *Nouv. rech.* §. 191. Et par-tout.

§. 32. De ce dernier fait il ſuit, que la chaleur du ſoleil pendant l'été, eſt ſupérieure à toute l'émiſſion de chaleur rayonnante que produit l'écorce extérieure du globe, pendant cette même ſaiſon, dans le lieu où elle règne; ou en d'autres termes, que pendant les ardeurs de l'été, dans les lieux où cette ſaiſon règne, l'irradiation lumineuſe fournit à la terre une quantité de feu plus grande que celle que la terre exhâle. En effet, ſi elle recevoit moins de feu qu'elle n'en perd, elle ne ſe réchaufferoit pas; il y auroit moindre réfroidiſſement, mais non chaleur acquiſe; & l'on ne verroit pas à la ſurface de la terre, le thermomètre monter en été & ſe maintenir à un degré fort ſupérieur, non-ſeulement à celui de l'hiver, mais même à la température intérieure du globe. Il eſt donc prouvé par l'expérience, que le courant de feu que le ſoleil d'été fait entrer dans le globe terreſtre eſt plus denſe que celui qui ſort de ce même globe.

Ainſi la petiteſſe du rapport de chaleur réelle de l'été à l'hiver, prouve bien que la terre a une chaleur propre actuellement indépendante de la chaleur ſolaire; mais elle ne prouve pas

que la chaleur solaire d'été est moindre que la chaleur rayonnante de la terre. Au contraire, on ne peut expliquer l'accroissement de chaleur qu'éprouve la terre pendant une saison de l'année, qu'en admettant qu'elle est en communication avec un espace plus chaud qu'elle ; c'est-à-dire, en d'autres termes, qu'un thermomètre isolé, substitué à la terre & plongé dans les rayons solaires, y monteroit plus haut qu'il ne feroit si, supprimant le soleil, on le plaçoit près de la terre vers les dernières limites de l'atmosphère.

§. 33. Distinguons donc soigneusement deux sortes de chaleurs propres à la terre comme à tout autre corps chaud (§. 8). La chaleur interne que nous mesurons à sa surface, & la chaleur rayonnante que nous mesurerions aux dernières limites de l'atmosphère. La première dont a parlé M. De Mairan est beaucoup plus grande que la chaleur solaire ; c'est une chaleur gênée (§. 7.) : elle est en quelque sorte fixée par les obstacles que lui opposent les corps terrestres, & sur-tout l'air tant grossier que subtil.

Nous n'avons que des données très-insuffi-

ſantes pour déterminer cette chaleur abſolue interne. Je n'entrerai là-deſſus dans aucun détail, & je n'entreprendrai point, d'après les expériences récentes, de rectifier les limites indiquées par divers phyſiciens: les tentatives de MM. La Place & Lavoisier, pour parvenir à cette détermination, n'ont pas ſatisfait ces philoſophes. Les limites entrevues par MM. Amontons, Réaumur & De Mairan ſont d'autant plus incertaines, que leurs inſtrumens étoient moins parfaits, & cette branche de la phyſique moins avancée. Je ne prétends pas y ſuppléer; mais comme dans les ſujets obſcurs il eſt bon de tenter de nouvelles routes, j'en indiquerai une ci-après (§. 56.) ſans entreprendre de la ſuivre.

§. 34. La ſeconde eſpèce de chaleur qu'on peut également appeler terreſtre, la chaleur rayonnante qui s'échappe ſans-ceſſe & ſans retour, eſt en été moindre que la chaleur ſolaire; en hiver elle eſt plus grande.

Dans le cours d'une année moyenne, la chaleur rayonnante moyenne & la chaleur ſolaire moyenne ſont égales ou inégales. Si elles ſont égales, la chaleur moyenne de la terre eſt une

quantité conſtante. Si elles ſont inégales, la terre s'échauffe ou ſe réfroidit. Elle s'échauffe ſi la chaleur ſolaire eſt la plus grande, & réciproquement.

§. 35. Mais puiſqu'en été & en hiver ces chaleurs ſe ſurpaſſent tour-à-tour chaque année, il y a néceſſairement deux momens où elles s'égaliſent. L'un eſt le maximum d'échauffement de la terre, & l'autre le maximum de réfroidiſſement. A ces deux époques la chaleur ſolaire & la chaleur terreſtre rayonnante ſont égales. Et ces deux points ſont voiſins des maximum & minimum de la chaleur ſolaire, ſans cependant co-incider avec ceux-ci.



CHAPITRE

CHAPITRE II.

De la chaleur ſolaire comparée avec elle-même en été & en hiver, par voie d'obſervation, ou a poſteriori.

§. 36. Les deux époques des maxima d'échauffement & de réfroidiſſement de la ſurface terreſtre fourniſſent peut-être un moyen de dégager la chaleur ſolaire de la chaleur propre de la terre, & de conſidérer la première ſeule à deux époques très-éloignées & propres à faire juger de la différence du ſoleil d'été au ſoleil d'hiver; d'où peut réſulter une comparaiſon utile entre le calcul & l'obſervation.

§. 37. Puiſqu'à ces deux époques les chaleurs ſolaire & terreſtre rayonnante ſont égales (§. 35.), on peut eſtimer l'une par l'autre. La chaleur ſolaire qui s'accumule pendant un tems donné, tel que vingt-quatre heures, eſt alors égale à la chaleur rayonnante de la terre pendant ce même eſpace de tems Or, dans les vingt-quatre heures, il y a un intervalle pendant lequel, dans nos climats, la chaleur rayon-

nante n'eſt point compliquée avec la chaleur ſolaire puiſque celle-ci devient nulle. Cet intervalle eſt la nuit ; & la meſure de la chaleur rayonnante pendant la nuit, c'eſt le réfroidiſſement nocturne ; ainſi nous avons un moyen d'eſtimer cette quantité.

Le réfroidiſſement nocturne eſt la différence de la chaleur obſervée au coucher du ſoleil à celle qu'on obſerve au lever.

Et ſi la terre étoit le jour de même température que la nuit, on obtiendroit immédiatement la chaleur rayonnante des vingt-quatre heures par une ſimple règle de trois (§. 16).

Mais le jour eſt plus chaud que la nuit, & par conſéquent la chaleur rayonnante diurne eſt plus grande dans le même tems. Cet excès peut être ou n'être pas proportionnel à toute la chaleur rayonnante des vingt-quatre heures. Dans l'impoſſibilité d'en tenir compte actuellement, je le ſuppoſerai proportionnel, ce qui m'autoriſera à le négliger dans le calcul ſuivant où il ne s'agit que de rapports.

§. 38. J'eſtimerai donc la chaleur rayonnante des vingt-quatre heures par le réfroidiſſement nocturne ſuppoſé conſtant ; & faiſant cette

eſtimation aux deux époques de l'année où la terre jouit d'une chaleur ſtationnaire, j'en conclurrai le rapport de la chaleur ſolaire avec elle-même à ces deux époques d'été & d'hiver.

Voici la formule de cette eſtimation.

Soient S, s, la chaleur ſolaire aux maxima d'échauffement & de réfroidiſſement de la terre. R, r, le réfroidiſſement nocturne à ces deux époques. N, n, la durée de la nuit en heures.

La chaleur rayonnante en vingt-quatre heures ſera proportionnelle aux fractions $\frac{24R}{N}$, $\frac{24r}{n}$. Et la chaleur ſolaire égalant la chaleur rayonnante, on aura $S : s = \frac{24R}{N} : \frac{24r}{n}$.

§. 39. On ne parviendroit pas au même but en eſtimant la chaleur diurne du ſoleil par la différence du coucher au lever de cet aſtre. Cette différence donne bien l'échauffement final produit par ſon influence; mais cet échauffement n'eſt que l'excès de la chaleur ſolaire ſur la radiation. Or une partie de cette radiation eſt à la vérité proportionnelle à l'échauffement; ſavoir, l'excès de la radiation diurne ſur la nocturne; mais la radiation abſolue & conſtante, qui a lieu également le jour & la nuit,

est proportionnelle à la chaleur thermométrique absolue de la terre & nullement à l'échauffement solaire. Or cette radiation affecte également le thermomètre, & se porte en déduction sur la chaleur solaire que cet instrument indique à la fin du jour.

Si l'on vouloit estimer cette radiation absolue, on ne pourroit le faire que par le réfroidissement nocturne, ce qui rejetteroit dans une formule analogue à la précédente, en suivant une méthode moins claire.

Ainsi, malgré l'inégalité qui peut résulter du défaut de proportion entre l'excès de la chaleur rayonnante diurne & la totalité de la chaleur rayonnante en vingt-quatre heures, je crois qu'on approchera de la vérité autant qu'on le peut dans un premier essai en s'en tenant à la formule indiquée ; & malgré le défaut d'observations suivies d'heure en heure, je vais offrir le résultat de celles qui sont à ma portée.

§. 40.

OBSERVATIONS DU THERMOMETRE,

faites à Genève en 1788,

(tirées du *Journal de Genève in-4°. pour* 1789, *pag.* 52.)

Mois.	Hauteurs moyennes du Thermomètre dit de Réaumur en *degrés & dixièmes.*			*Différence du coucher au lever.*
	au lever du Soleil.	*à 2 heures après midi*	*au coucher du Soleil.*	
Janv.	+ 0,1	+ 2,3	+ 1,6	1,5
Févr.	+ 2,0	+ 5,2	+ 4,1	2,1
Mars	+ 2,9	+ 9,3	+ 6,7	3,8
Avril	+ 3,5	+11,9	+ 8,7	5,2
Mai	+ 7,4	+16,0	+12,5	5,1
Juin	+10,5	+17,4	+13,4	2,9
Juill.	+10,9	+20,5	+16,4	5,5
Août	+10,5	+18,3	+14,6	4,1
Sept.	+ 9,4	+16,9	+14,0	4,6
Oct.	+ 4,6	+11,6	+ 9,0	4,4
Nov.	+ 0,3	+ 4,7	+ 2,3	2,0
Déc.	— 4,5	— 2,9	— 3,7	0,8
L'année entière.	*Moyennes entre les douze moyennes.*			
	+ 4,8	+10,9	+ 8,3	3,5

§. 41. Au mois de Juillet l'échauffement a atteint son maximum; car avant & après, aux trois époques d'observation & dans tous les mois, on voit que la chaleur est moindre. Ainsi pendant ce mois le soleil donne autant à la terre que la chaleur rayonnante lui enlève. C'est donc le cas d'appliquer notre formule (§. 38) pour apprécier la chaleur solaire en vingt-quatre heures.

D'après la table (§. 40.) on a $R = 5, 5$.

D'après la position géographique de Genève, dans une approximation imparfaite, nous pouvons, pour simplifier, supposer qu'en Juillet le jour est double de la nuit; l'erreur qui en résultera aura d'autant moins d'influence qu'elle sera également commise dans l'estimation comparative que nous ferons par voie de calcul; en sorte qu'elle affectera très-peu le rapport de ces deux estimations. Nous ferons donc $N = 8$ heures.

D'où résulte $S = \frac{24R}{N} = 16{,}5$ degrés.

A cinq mois de-là l'échauffement est à son minimum, & à cette époque encore les chaleurs solaire & rayonnante s'égalisant, on peut faire usage de la même formule. Ce moment

semble tomber en Décembre dans notre table (§. 40). Il est vrai que le mois de Janvier suivant y manquant, on pourroit croire que ce mois fut plus froid que Décembre. Mais je me suis assuré du contraire; en sorte que c'est bien en Décembre que le réfroidissement cessa & que l'échauffement commença. Dans ce mois on a $r = 0,8$ par la table. Et par la position géographique de Genève, en tolérant une erreur analogue à celle que j'ai excusée pour Juillet, on a $n = 16$ heures.

D'où résulte $s = \frac{24r}{n} = 1,2$ degré.

Ensorte que la chaleur solaire en Juillet fut à la chaleur solaire en Décembre $= S : s = 13,7 : 1$.

§. 42. Ce rapport est assez voisin de celui que M. De Mairan croyoit avoir déterminé par voie de calcul pour la latitude de Paris comme exprimant les chaleurs d'été & d'hiver. Mais il ne faut pas se laisser surprendre à cette co-ïncidence. Je discuterai bientôt les bases du calcul de M. De Mairan. Quant au résultat actuel, il n'est pas fondé sur des données assez sûres, & je ne l'offre encore que comme exemple. 1°. Il n'est tiré que d'une seule année. 2°. L'hiver de 1788

à 1789 fut très-rigoureux à Genève ; en sorte que le réfroidissement fut probablement plus rapide qu'à l'ordinaire, & le minimum de chaleur rayonnante plus petit. 3°. D'ailleurs la petitesse même de cette quantité rend plus nécessaire la comparaison de plusieurs années; car le moindre écart d'observation ou la moindre irrégularité dans les circonstances, peut produire un effet sensible sur sa valeur. C'est sans doute par cette raison que la différence moyenne du lever au coucher varie beaucoup plus d'une année à l'autre en Décembre qu'en Juillet. Il faudroit donc des moyennes de plusieurs années. Il faudroit des observations faites d'heure en heure. Enfin les moyennes devroient être prises de semaine en semaine plutôt que de mois en mois.

§. 43. N'ayant pas les moyennes des années suivantes, je me borne à prendre celles de ces mêmes mois de Juillet & Décembre pour les années 1789 & 1790, que je conclus des observations du *Journal de Genève*. J'y joindrai celles de Juillet 1791. Je n'ai pas d'autres observations à ma portée.

Année 1789.

En Juillet on trouve la différence moyenne de la température du ſoir au matin ou $R = 4,2$. [exactement 4,187 +].

En Décembre, $r = 1,9$. [exact. 1,945 +].

Et partant $S : s = 4,4 : 1$.

Année 1790.

En Juillet, $R = 3,9$. [exactement 3,880 +].

En Décembre, $r = 0,7$. [exact. 0,658 +].

$S : s = 11,4 : 1$.

Année 1791.

En Juillet, $R = 4,4$. [exactem. 4,381 +].

Décembre manque.

Moyenne des années 1788. 89. 90.

La chaleur ſolaire en Juillet eſt à celle de Décembre, ou $S : s = 9,8 : 1$.

Moyenne des deux années 1789. 90.

$S : s = 7,9 : 1$.

Moyenne des trois années 1789. 90. 91.

$S : s = 6,7 : 1$.

Moyenne des quatre années 1788. 89. 90. 91.

$S : s = 8,4 : 1$.

§. 44. Pour rendre cette estimation sûre il faudroit remplir diverses conditions auxquelles, quant à présent, il n'est pas en mon pouvoir d'atteindre, & que j'ai déjà indiquées (§. 42).

Plusieurs recueils météorologiques comprènnent de longues suites d'observations; mais la méthode des rédacteurs de n'offrir que des moyennes complexes, rend leurs travaux inutiles pour le but que je me propose. C'est ainsi, par exemple, que dans les *Mémoires de l'Académie de Berlin*, les observations thermométriques au lever & au coucher du soleil ne sont point indiquées ou sont confondues en une seule moyenne, ce qui en rend la comparaison impossible.

§. 45. Une suite d'observations faites d'heure en heure indiqueroit la marche croissante & décroissante de la chaleur pendant le jour; on y verroit l'équilibre entre la chaleur solaire & la chaleur rayonnante de la terre s'établir vers les deux ou trois heures après-midi, comme on le voit s'établir dans l'année peu après le solstice d'été. Mais il me paroît qu'on manqueroit de moyens d'estimer l'une de ces chaleurs par l'autre, parce qu'on ne pourroit les séparer pendant un tems donné, comme

nous l'avons pu faire à la faveur de la nuit, en conſidérant un intervalle de 24 heures.

Je n'apperçois donc aucune méthode préférable à celle que j'ai adoptée, ni même aucune autre digne d'être tentée pour l'eſtimation expérimentale du rapport de la chaleur ſolaire d'été & d'hiver ; mais celle-ci eſt ſuſceptible d'être beaucoup perfectionnée, non-ſeulement par la préciſion des obſervations, mais par la détermination de la vraie différence entre la chaleur rayonnante diurne & nocturne pendant un tems donné. Cette détermination ſe fera en partant du principe que la chaleur rayonnante en tems donné eſt proportionnelle à la chaleur interne (§. 16). Et on y arrivera par des calculs d'approximation pareils à ceux qu'emploient les aſtronomes dans des cas analogues.

Il n'eſt pas à propos d'entreprendre ce travail avant d'avoir des données ſûres par des obſervations multipliées & faites dans ce but. Néanmoins le premier réſultat de cette tentative n'eſt pas indigne de toute confiance, & je vais le comparer au réſultat que donne le calcul du rapport de la chaleur ſolaire avec elle-même aux mêmes époques, fondé ſur des principes antérieurs & ſuffiſamment analyſés.

CHAPITRE III.

De la chaleur solaire comparée avec elle-même, en été & en hiver, par voie de calcul, ou a priori.

§. 46. M. De Mairan fait entrer quatre élémens dans l'estimation du rapport de l'été à l'hiver solaire.

1°. *Les sinus des hauteurs solaires à l'un & à l'autre solstice.*

Il préfère le rapport simple à celui des quarrés; parce que celui-ci résulte de la considération de l'intensité des chocs de la lumière contre la surface de la terre, & que l'irrégularité de toutes les surfaces les plus planes en apparence paroît rendre cette considération inutile.

2°. *Les différentes intensités de la lumière après son passage plus ou moins oblique dans l'atmosphère.*

Il adopte la table de diminution de Bouguer.

3°. *Les différentes diſtances du ſoleil à la terre.*

Il n'a aucun égard à la plus ou moins grande vîteſſe du mouvement dans l'orbite.

4°. *Les quarrés des arcs ſemi-diurnes ou de la longueur des jours.*

Il juſtifie ce rapport doublé par des raiſons que je ne puis admettre ; c'eſt pourquoi je vais les rapporter dans ſes propres expreſſions.

« La raiſon & l'expérience concourent à » prouver que la chaleur imprimée à l'air & » au terrain du climat, dans un jour & à une » heure quelconques, y deviendra d'autant plus » grande, que le ſoleil aura plus long-tems » ſéjourné auparavant ſur l'horizon. La cha- » leur du jour ſolſticial, le plus long de tous » & précédé des plus longs jours, dont il par- » ticipe, fera donc par-là une des principales » cauſes de la ſupériorité de l'été ſur l'hiver ; » c'eſt une ſérie croiſſante depuis le ſolſtice » d'hiver juſqu'à celui d'été, & décroiſſante » depuis le ſolſtice d'été juſqu'à celui d'hiver. » Nous pouvons du moins la conſidérer ſous » cet aſpect ; car quoique le maximum & le » minimum n'en ſoient pas toujours à la même

» place, qu'ils dussent en général, se trouver » plus ou moins au-delà des solstices, & que » la marche de la progression, abstraction faite » des causes accidentelles, en dût devenir » constante de l'un à l'autre terme par succession » de tems, nous ne laisserons pas de supposer » ici le jour solsticial le plus chaud de tous, » par lui-même en raison de l'arc diurne ou » sémi-diurne proportionnel à sa durée, & de » plus, comme précédé des jours les plus » chauds; & ainsi de suite à l'égard de ceux-ci » jusqu'au minimum. D'où naîtra une progres» sion semblable à celle de la force croissante » & décroissante des corps qui descendent ou » qui montent par l'accélération ou par le » retardement du mouvement, & que j'éva» luerai aussi de même par les quarrés des » tems. Ainsi, par exemple, l'arc sémi-diurne » du jour solsticial d'été à Paris, étant à-peu» près double de l'arc sémi-diurne du jour » solsticial d'hiver, j'en conclurrai l'expression » de cet élément à-peu-près en raison de 4 à 1 » pour les deux solstices, & ainsi de tous les » autres climats rélativement à leurs latitudes » & à l'arc sémi-diurne qui y répond.

» Sans l'effet rétroactif de cette puissante » cause, il feroit plus de froid, du moins » dans notre hémisphère, au lever & au coucher du soleil en été & le jour même du » solstice que dans le plus fort de l'hiver, & » réciproquement plus de chaud au lever & » au coucher du soleil en hiver qu'en été; » puisque tout le reste demeurant égal ou nul » de part & d'autre, & abstraction faite de la » chaleur imprimée les jours précédens, la » distance du soleil à la terre est plus grande » en été qu'en hiver d'environ un million de » lieues. D'où il suit que le calcul de notre » été & de notre hiver feroit défectueux, si » nous ne faisions résulter ce quatrième élément » que du simple arc sémi-diurne (1) ».

Composant ces quatre rapports pour chaque climat, M. DE MAIRAN obtient le rapport estimé de la chaleur solaire d'été à celle d'hiver. C'est ainsi qu'il trouve, que pour la latitude de Paris, ce rapport est celui de 16,8 à 1.

§. 47. Discutons en peu de mots les bases de ce calcul.

---

(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris pour 1765, page 167.*

Sur le premier élément (*les sinus des hauteurs solaires*) : j'observe que le rapport de l'intensité des chocs de la lumière doit être exclu, non-seulement à cause de l'irrégularité des surfaces, mais parce qu'il n'y a pas lieu de croire que la chaleur solaire soit proportionnelle à cette intensité.

Cette remarque est une raison ajoutée à celle qui a déterminé M. DE MAIRAN à préférer le rapport simple au rapport doublé. Je l'adopterai donc comme lui. Ainsi à la latitude de Genève j'ajouterai ou retrancherai la déclinaison du soleil sans tenir compte dans ce premier essai des réfractions, & en m'en tenant à des termes approchés.

§. 48. Je ne change rien au second élément (*l'intensité de la lumière diminuée par l'atmosphère*). C'est le résultat d'expériences faites avec beaucoup de soin. Peut-être une fois le diaphanomètre de M. DE SAUSSURE offrira-t-il un moyen de parvenir à un plus haut degré d'exactitude. En attendant je m'en tiendrai à l'extrait de la table de M. BOUGUER que M. DE MAIRAN a donné dans son mémoire, la lumière primitive y est désignée par le nombre

10000,

10000, & son intensité, après avoir traversé l'atmosphère y est exprimée par un nombre correspondant à la hauteur solaire. En Juillet & Décembre ces nombres se trouvent être pour Genève 7951 & 5474.

§. 49. J'observe sur ces deux premiers élémens combinés, qu'il feroit à souhaiter qu'on pût distinguer la partie de la lumière qui est réfléchie de celle qui est absorbée par l'atmosphère; car la première est une perte totale, au lieu que la seconde communique quelque chaleur au sol. Mais je n'aurai pas égard à cette circonstance, n'ayant aucunes données exactes pour faire cette distinction, qui d'ailleurs dans l'estimation des rapports de la diminution rélativement aux hauteurs solaires, n'est probablement pas de grande importance, sur-tout dans un tems court pendant lequel l'échauffement des couches un peu élevées de l'atmosphère ne peut guère se faire sentir à la surface de la terre.

§. 50. Sur le troisième élément (*les différentes distances du soleil à la terre*), je ferai ci-dessous (§. 93), une remarque détaillée, de laquelle il résulte démonstrativement que

cet élément est absolument nul dans un calcul où il s'agit de comparer les quantités totales de chaleur versée par le soleil pendant qu'il parcourt deux arcs égaux de l'écliptique. Mais lorsqu'il s'agit de comparer les quantités versées en tems déterminé, par exemple en vingt-quatre heures, cet élément n'est pas nul & il faut en tenir compte. Pour cela on aura recours aux tables astronomiques les plus exactes. Ces tables ont été perfectionnées à cet égard depuis l'époque où écrivoit M. De Mairan.

Je prendrai ce rapport dans l'*Astronomisches Iahrbuch* de M. Bode. La distance de la terre au soleil y est estimée pour chaque mois en parties cent-millièmes de la distance moyenne. On y trouve la distance en Juillet environ de 101600 de ces parties. Celle en Décembre de 98400. Le rapport de ces deux nombres est celui de 127 à 123, auquel je m'arrêterai dans le calcul suivant.

§. 51. Sur le quatrième élément (*les arcs sémi-diurnes, ou la longueur des jours solsticiaux*) je dois faire une remarque pour détruire les fausses impressions que pourroit avoir laissées le passage que j'ai cité (§. 46), dans lequel

M. DE MAIRAN cherche à juſtifier le rapport des quarrés de ces arcs ſémi-diurnes.

Et d'abord j'obſerve que ce rapport ne peut être en contradiction avec la loi générale de la chaleur que nous avons établie ci-deſſus rélativement au tems, ſavoir le rapport ſimple de la durée (§. 14). L'accumulation de la chaleur ſuit la même loi que l'accélération des graves & nullement celle des eſpaces parcourus pendant leur chûte. Ces eſpaces décrits en différens tems étant différens les uns des autres doivent être réunis, au lieu que pour connoître la ſomme totale de la chaleur actuelle, il ſeroit abſurde de répéter la chaleur totale des inſtans qui ont précédé.

Auſſi n'eſt-ce pas ce que M. DE MAIRAN prétend. Ce phyſicien voulant eſtimer la chaleur totale d'hiver & celle d'été, rapporte ces deux ſommes de chaleur aux deux jours ſolſticiaux. Les trois premiers élémens de ſon calcul ſont rélatifs à ces deux jours enviſagés ſeuls. Le quatrième les réunit en quelque ſorte à tous les autres; & par la difficulté de tenir un compte exact de ceux-ci, l'auteur ſuppoſe qu'ils produiſent en ſomme un effet égal à celui

des deux extrêmes. Telle est la supposition sur laquelle est fondé le rapport doublé que nous discutons.

Mais en examinant les bases de cette supposition on s'assure qu'elles manquent de solidité. Les jours d'hiver étant comptés d'un équinoxe à l'autre, & ceux d'été de même, on trouve que la somme des accroissemens est indépendante de la longueur absolue de l'arc solsticial d'hiver. On ne voit pas d'ailleurs sous quel point de vue la suite croissante du solstice d'hiver au solstice d'été laquelle précède celui-ci, peut être comparée à la suite décroissante qui précède celui-là. Enfin, tant qu'on néglige le réfroidissement produit par la chaleur rayonnante, on n'a de l'échauffement qu'une notion très-confuse. Je n'insiste pas sur les autres inexactitudes qu'entraîne cette supposition même envisagée comme moyenne d'approximation, parce que les réflexions par lesquelles je l'attaque me paroissent rendre inutiles ces remarques de détail.

Quant à la dernière considération que présente le passage cité ci-dessus (§. 46), rélative aux instans du lever & du coucher, je dirai

d'abord qu'il eſt inutile de chercher à déterminer par obſervation un rapport entre des quantités évanouiſſantes. Enſuite donnant plus d'extenſion aux expreſſions de l'auteur, je conviendrai que la chaleur nocturne d'été prouve clairement le pouvoir du tems ſur l'accumulation de la chaleur ; mais cette conſidération ne peut point ſervir à fortifier le rapport des quarrés des jours ſolſticiaux pour eſtimer les chaleurs totales des deux ſaiſons qu'il s'agiſſoit de comparer.

Je conclus de cet examen que le quatrième élément indiqué par M. DE MAIRAN, n'eſt point tel qu'il devoit être. Il faut à cet égard, c'eſt-à-dire pour déterminer l'influence du tems ſur la chaleur, s'en tenir aux principes que nous avons poſés ; ſavoir, au rapport ſimple des tems : & quant à l'eſtimation de deux tems qu'on veut comparer il faut préférer les méthodes les plus sûres, quoique ſouvent les plus lentes de les apprécier. Ainſi l'addition de tous les arcs ſémi-diurnes d'un équinoxe à l'autre, ou (ſi l'on veut être moins rigoureux) quelque milieu, pris de part & d'autre avec beaucoup de circonſpection, donneront le

rapport de durée vrai ou approché des saisons froides & chaudes.

§. 52. Maintenant appliquons les principes que nous venons de discuter à l'estimation du rapport que nous avons déterminé ci-dessus (§§. 41. 43.) par voie d'observation. On compare dans ce rapport deux chaleurs acquises l'une & l'autre pendant un tems déterminé, soit un jour entier. Ainsi tous les élémens du calcul nous sont nécessaires, & nous ne devons point négliger le tems & la distance comme se compensant mutuellement (§. 50). Le tems sera estimé dans ce calcul comme il l'a été dans le résultat d'observation ; c'est-à-dire, que nous supposerons le jour en Juillet double de celui de Décembre. Et en conséquence ces jours seront représentés par les nombres 2 & 1.

§. 53. *Estimation du rapport de la chaleur solaire à Genève en Juillet & en Décembre.*

En Juillet.

La hauteur solaire moyenne est de 65 degrés.

Logarithme du sinus de cette hauteur	9,9572757.
La distance au soleil en Décembre est 123. (§. 50.) Logarithme du quarré de cette distance	4,1798102.
L'intensité de la lumière est 7951. (§. 48.) Logarithme de cette intensité	3,9004218.
L'arc sémi-diurne ou la longueur du jour en Juillet est 2. (§. 52.) Logarithme de cet arc ou de cette durée	0,3010300.
Somme, ou logarithme de l'antécédent	18,3385377.

En Décembre.

La hauteur solaire moyenne est de 20 degrés.	
Logarithme du sinus de cette hauteur	9,5340517.
La distance au soleil en Juillet est 127. (§. 50.)	
Logarithme du quarré de cette distance	4,2076074.
L'intensité de la lumière est 5474. (§. 48.)	
Logarithme de cette intensité	3,7383048.
L'arc sémi-diurne ou la durée du jour est 1. (§. 52.)	
Logarithme de cet arc ou de cette durée	0,0000000.
Somme, ou logarithme du conséquent	17,4799639.
Logarithme de l'antécédent, soit de la chaleur solaire en Juillet	18,3385377.
Logarithme du conséquent, soit de la chaleur solaire en Décembre	17,4799639.
Différence, soit logarithme de l'exposant du rapport de ces deux chaleurs	0,8585738.
Nombre correspondant . .	7,2.

Rapport de la chaleur solaire à Genève en Juillet, à cette même chaleur en Décembre $S : s = 7{,}2 : 1$.

CHAPITRE IV.

Comparaison des résultats de l'observation & du calcul.

§. 54. LE résultat d'observation qui paroît le plus sûr ou le moins incertain est celui que donne la moyenne entre les deux années 1789 & 1790 (§. 43).

Le rapport donné par l'observation est donc, $S : s = 7{,}9 : 1$. Et celui qui est donné par le calcul $S : s = 7{,}2 : 1$.

Ce rapport calculé est placé entre la moyenne observée de deux & de trois années.

Il est un peu moindre que les moyennes où entre l'année 1788, & beaucoup moindre que le rapport de cette année-là, dont le froid extraordinaire rend l'indication suspecte.

C'est ici, je pense, le premier essai fait dans le but de comparer exactement les rap-

ports de la chaleur solaire d'été & d'hiver calculé & observé ; & l'on a lieu d'espérer, par le résultat de cet essai, qu'une suite de comparaisons pareilles, faites avec soin & assiduité, conduira à une détermination assez exacte de ce rapport.

§. 55. Je préviens une objection. L'année 1788, la moindre chaleur observée eut lieu en Décembre & la plus grande en Juillet ; mais peut-être dans les années suivantes ces époques furent différentes, & en ce cas les bases de tout ce calcul sont vicieuses, puisque la chaleur rayonnante ne peut servir de mesure à la chaleur solaire que lorsque ces deux chaleurs sont égales, attendu qu'elles ne sont pas proportionnelles en d'autres tems (§. 36).

Je réponds qu'en effet il est très-possible qu'il y ait eu quelque différence entre les époques de ces maxima & minima en différentes années ; mais cela n'est pas d'une grande importance, parce qu'aux environs de ces époques la chaleur observée est à-peu-près stationnaire. Aux environs de Juillet où elle l'est moins, l'époque est aussi plus constante, comme je m'en suis assuré par l'inspection d'un grand

nombre de tables météorologiques. Le minimum de chaleur obſervée a lieu dans tous les climats de notre zone tempérée entre Décembre & Janvier, mais plutôt en Janvier, & la différence de l'un de ces mois à l'autre eſt généralement très-petite.

§. 56. J'ajoute que par d'autres cauſes la marche de l'échauffement, depuis le ſolſtice d'hiver juſqu'à l'équinoxe du printems, n'eſt pas toujours régulière; en ſorte que le mois de Février eſt ſouvent plus froid que l'un des des deux mois qui le précèdent. Mais quelle qu'en ſoit la cauſe, cela n'influe nullement ſur notre calcul, dont la vérité dépend uniquement de cette circonſtance que la chaleur, aux époques où nous l'avons conſidérée, eſt ſtationnaire, qu'elle remonte après avoir deſcendu, ou réciquement. Or, lors même que la courbe qu'elle ſuit auroit divers points d'inflexion, les points particuliers que nous avons choiſis n'en ſont pas moins réels, ni moins propres à fonder nos concluſions.

§. 57. On pourroit croire, enfin, que le froid & le chaud, en diverſes ſaiſons, dépendent non-ſeulement des deux élémens que j'ai envi-

ſagés, ſavoir la chaleur entrante & la chaleur ſortante, mais encore des grandes oſcillations de la chaleur propre & interne de la terre. Il n'eſt pas douteux qu'en certains tems & en certains lieux ces oſcillations n'affectent le thermomètre ; & il ſe peut qu'elles ſoient juſqu'à un certain point déterminées par l'influence des ſaiſons, & réagiſſent ainſi ſur elles. Mais en général, & dans les climats communs de notre zone qui ſont éloignés des ſources accidentelles connues de chaleur interne, il paroît que ces oſcillations ſont peu ſenſibles ou ſe compenſent : car les réſultats moyens des obſervations thermométriques ſont fort réguliers.

§. 58. Comme preuve de cette aſſertion, & comme éclairciſſement des précédentes, je citerai le réſultat moyen des obſervations faites à Paris pendant vingt-ſept ans, de 1763 à 1789.

Il eſt fourni par la table ſuivante, où les degrés indiqués ſont ceux du thermomètre dit de Réaumur.

1763—1789.	*Chaleur moyenne.*
Janvier	+ 1,8.
Février	+ 4,4.
Mars	+ 5,0.
Avril	+ 8,8.
Mai	+12,3.
Juin	+15,0.
Juillet	+16,6.
Août	+16,5.
Septembre	+13,6.
Octobre	+ 9,1.
Novembre	+ 4,4.
Décembre	+ 1,9.
L'année entière	+ 9,1.

Ce Tableau est tiré du Journal intitulé : *Observations météorologiques faites à l'Observatoire Royal de Paris, Avril* 1790.

Les Journaux qui suivent & précédent celui-là en offrent de pareils pour diverses latitudes.

§. 59. Après cette estimation comparée de la quantité de la chaleur diurne à deux époques éloignées l'une de l'autre, & voisines des maximum & minimum de cette chaleur ; il faudroit estimer comparativement les chaleurs totales d'été & d'hiver.

La seule méthode rigoureuse d'y parvenir que je puisse entrevoir, est d'une longueur décourageante. Elle consiste à faire pour chaque jour d'un équinoxe à l'autre, le même travail que nous avons fait pour un jour moyen de Juillet & de Décembre (§. 53), & à comparer les deux sommes.

On pourroit y suppléer par une approximation imparfaite, en prenant de part & d'autre des moyennes pour les deux premiers élémens (§§. 47. 48). Quant au troisième, (*la distance du soleil*) il devroit être supprimé, parce qu'on compareroit des effets produits par le soleil parcourant deux arcs égaux

de l'écliptique (§. 50). On auroit égard au quatrième élément, en déterminant la durée du jour moyen d'hiver & du jour moyen d'été.

Il y a encore trop d'incertitude dans les données pour entreprendre ce calcul ; & d'ailleurs il ne feroit pas facile d'en comparer le réfultat à celui de l'obfervation, je veux dire de trouver une méthode pour fommer les chaleurs folaires d'été & d'hiver obfervées chaque jour ; parce que ces chaleurs obfervées font compliquées avec la chaleur propre de la terre & ont fouffert la déduction de la chaleur rayonnante ; enforte que ce n'a pu être qu'en profitant des inftans particuliers où cette chaleur rayonnante devient égale à la chaleur folaire, que nous avons fait en quelque forte l'analyfe de ces quantités complexes. Toutefois il ne faut pas défefpérer de vaincre ces difficultés (1).

(1) Pourroit-on profiter pour cela de l'ingénieufe invention de RICHMANN pour mefurer par une feule obfervation l'échauffement moyen d'un longtems ? *Nov. Comm. Acad. Petrop.* T. II, pag. 171.



CHAPITRE V.

Remarque sur la détermination des chaleurs absolues.

§. 60. Tous les calculs que je viens de faire, à les supposer rigoureux n'offrent encore rien d'absolu. La chaleur solaire, par exemple, que j'ai déterminée pour 1788, en Juillet de 16°,5, & en Décembre de 2°,1 en un jour (§. 41.) étoit à ces deux époques plus grande de tout l'excès de la chaleur rayonnante produit par la présence du soleil sur l'horizon. Excès qui, s'il est proportionnel à la chaleur rayonnante totale (telle que nous l'avons évaluée), n'altère pas le rapport de ces nombres, mais change peut-être beaucoup leur grandeur absolue.

§. 61. Par une suite de raisonnemens & d'expériences, on pourra connoître la quantité de cet excès de chaleur rayonnante, & par-là la valeur absolue de la chaleur solaire.

Cet élément une fois connu, on pourroit approcher de la détermination de la chaleur absolue

absolue thermométrique de la terre à sa surface & au lieu de l'observation ; car on établiroit cette analogie.

Comme l'*excès de la chaleur rayonnante* produit par la chaleur solaire diurne,

Est à cette *chaleur solaire diurne* :

Ainsi *la chaleur rayonnante totale diurne*,

Est à un quatrième terme, lequel exprimeroit la *chaleur absolue* thermométrique *de la terre* à sa surface au lieu de l'observation.

Mais il n'est pas tems d'entreprendre un tel calcul ; il faut acquérir les données sur lesquelles il doit se fonder.



CHAPITRE VI.

Remarques météorologiques.

§. 62. J'AI parlé (§§. 56. 57.) de quelques irrégularités dans la marche progressive de l'échauffement & du réfroidissement périodiques de la terre. Ces irrégularités doivent en grande partie être attribuées aux vents & aux pluies. Elles tiennent aussi quelquefois au phénomène que nous avons expliqué ci-dessus (§. 24.),

je veux dire à l'effet de la férénité du tems ou de son opacité. Ceci donne la clef d'un aphorisme météorologique conçu en vers barbares,

Si sol claruerit, se Virgine Purificante ;
Multo majus erit frigus post, quam fuit ante.

La fête de la purification de la Vierge est actuellement au 2 Février, & avant la réforme grégorienne elle tomboit sur le 24 Janvier. Ce jour est à-peu-près celui qui répond à la moindre chaleur moyenne. C'est donc dès-lors qu'on croyoit avoir lieu d'attendre naturellement que la chaleur iroit en croissant. Voilà pourquoi le pronostic est fixé à cette époque.

Mais comme la marche de la chaleur dépend alors bien plus de la chaleur rayonnante que de la chaleur solaire, attendu que celle-ci est très-foible & presque constante ; tandis que celle-là, également foible, peut varier par des causes accidentelles : on éprouvoit souvent le contraire de ce qu'on attendoit. Et l'observation avoit fait découvrir que, lorsqu'à l'époque des plus grands froids de l'hiver le tems étoit très-serein, le froid croissoit. Et cela est bien naturel, puisque cette circonstance augmente

ſenſiblement l'émiſſion de chaleur rayonnante (§. 25). A cette époque la terre eſt comme un homme placé par un tems froid près d'un très-petit feu. La chaleur que cet homme éprouve ou conſerve, dépend beaucoup moins du feu auquel il ſe chauffe, que des habits dont il eſt vêtu.

§. 63. Les divers climats peuvent être comparés, ſous le point de vue de leur chaleur, par des moyennes priſes, comme on a coutume de faire, entre les obſervations du thermomètre expoſé à l'air. On peut auſſi eſtimer leur chaleur moyenne par celle des ſources profondes, comme l'a fait M. J. HUNTER (1), parce que ces ſources donnent la température du ſol profond, laquelle eſt conforme à la température moyenne de l'atmoſphère. On pourroit auſſi eſtimer la chaleur rayonnante, laquelle eſt proportionnelle à la chaleur interne. On devroit donc trouver la température de la nuit d'autant plus froide rélativement à celle du jour, que le climat ſeroit plus chaud. Ce qui expliqueroit peut-être certains phénomènes atteſtés par les voyageurs.

(1) *Tranſ. phil.* 1788.

M. BRUCE, dans sa traversée du désert de Chendi à Syene, perdit tous ses chameaux (à la vérité malades & épuisés de fatigue) dans une seule nuit. « Les Arabes dirent tous, » rapporte ce voyageur, que c'étoit l'effet » du froid, & cependant le thermomètre de » FAHRENHEIT étoit une heure avant le jour » à 42° » (1).

Il paroît par les autres observations faites dans cette traversée, ou peu avant & après, que le même thermomètre se tenoit le jour fréquemment à 116° & au-dessus, mais si l'on suppose qu'il se tînt seulement aux heures les plus chaudes environ à 110°, il s'ensuivra que dans l'espace de moins de vingt-quatre heures le thermomètre aura parcouru 68° de FAHRENHEIT, c'est-à-dire, au moins 30° de RÉAUMUR. Il n'est pas étonnant que l'économie animale en fut vivement affectée, & que (comme les sensations de froid & de chaud sont rélatives) le degré très-élevé de la nuit (équivalent à 18 $\frac{2}{9}$ de RÉAUMUR) ait produit l'effet d'un

(1) *Voyages aux sources du Nil, Liv. VIII. Chap.* 12.

froid rigoureux ſur des animaux malades & couchant en plein air.

Et quoique cette différence fût remarquable même dans ce climat, on peut en conclure néanmoins que le réfroidiſſement nocturne, & en général la chaleur rayonnante de la terre, y eſt bien ſupérieure à tout ce qu'on obſerve dans nos latitudes. Car, par un réſultat tiré de vingt-ſept années d'obſervations faites à Paris, on trouve que les extrêmes de la chaleur pendant tout ce tems-là n'ont preſque pas excédé par leur différence cet intervalle de 30° qui eut lieu dans le déſert pendant une ſeule nuit. En effet, la plus grande chaleur qui ait eu lieu pendant ces vingt-ſept années fut en Août . . . . . + 25°,0 de RÉAUMUR, la moindre chaleur fut — 6 ,7

Différence 31 ,7

Et la plus grande différence qui ait eu lieu pendant tout cet eſpace de tems, mais dans les mêmes mois, fut dans ceux de Janvier de 16°,1. Mais cette différence réſulte d'années différentes & de jours très-éloignés.

A Genève, où le climat eſt très-inconſtant, dans le cours de l'année 1788, la plus grande variation en vingt-quatre heures fut du 20 au 21 Juin de 12°,7.

Ces termes de comparaiſon font voir comment la chaleur rayonnante dépend de la chaleur interne, & peuvent ſervir à déterminer l'une par l'autre.

§. 64. Toutefois je ne dois pas omettre ici une remarque directement contraire, que fait un ſavant météorologiſte. Le P. COTTE dit que dans la zone torride la chaleur ne diminue pas pendant la nuit d'autant, à beaucoup près, qu'elle diminue dans notre zone tempérée. M. GODIN, ajoute-t-il, trouva qu'à St. Domingue un thermomètre qui marquoit le ſoir 27 degrés, en marquoit encore 23 le lendemain au matin.

Mais il modifie cette remarque. « Ces petites » variations, dit-il, ... ne ſont pas tellement » propres aux pays chauds qu'il n'y en ait » auſſi quelques-uns où les variations de la » liqueur ſont auſſi grandes, & plus grandes » même que dans ces pays-ci ». Les exemples qu'allègue ici l'auteur ne paroiſſent pas ſe rap-

porter à un intervalle de vingt-quatre heures, mais à des époques éloignées (1).

Peut-être ce fait n'eſt-il pas aſſez conſtaté. S'il ſe vérifie, voici deux réflexions qui peuvent être priſes en conſidération. 1°. Dans les pays humides & maritimes, la quantité de l'évaporation diurne & de la condenſation des vapeurs pendant la nuit, tend à rapprocher les températures de ces deux périodes ſucceſſives. 2°. Dans les climats d'une chaleur conſtante, le ſol s'échauffe à une plus grande profondeur; & le feu des couches inférieures, remplaçant inceſſamment celui qui s'échappe par le rayonnement, entretient pendant la nuit une chaleur plus forte à la ſurface; & cela d'autant plus que dans les hautes températures le feu paroît ſe mouvoir plus librement dans l'intérieur des corps ſolides qu'il ne peut faire dans des températures inférieures.

Du reſte il eſt néceſſaire d'ajouter que la vérification de cette remarque ſur l'eſtimation du climat par la chaleur rayonnante, n'influera point ſur les réſultats du calcul comparatif de

(1) *Traité de météorologie du P.* Cotte, *p.* 284.

la chaleur ſolaire à deux époques où cette chaleur eſt égale au rayonnement. Ce calcul repoſe uniquement ſur l'état ſtationnaire de la chaleur obſervée à ces deux époques, état qui eſt très-évident.

Enfin ſi l'on applique à ce phénomène le ſyſtême du feu compoſé, on reconnoîtra que la radiation ſenſible dans les hautes températures ne peut être auſſi conſidérable que nous l'avons ſuppoſée, puiſqu'une partie des rayons ſolaires étant devenue inutile ne s'emploie pas à former de nouveau feu, ſoit faute de *matière* ou baſe, ſoit par l'effet de la grande condenſation. Cette lumière ſurabondante engagée dans l'atmoſphère, peut y remplacer pendant la nuit celle qui s'échappe. Enſorte que par cela même que la lumière abonde & produit un plus grand rayonnement réel, le rayonnement apparent, c'eſt-à-dire, le réfroidiſſement nocturne ſeroit moindre.

Les faits réſultans d'obſervations exactes & répétées en divers lieux de la zone torride, doivent être les ſeuls guides du phyſicien dans la route que nous indiquons. Et ces faits bien analyſés jetteront du jour ſur la théorie.

§. 65. La chaleur ſolaire & la chaleur terreſtre rayonnante s'égaliſant aux environs des ſolſtices, c'eſt aux environs des équinoxes que ces deux chaleurs doivent différer davantage. Et cette différence doit ſe manifeſter ſur le thermomètre, en préſentant à ces dernières époques des extrêmes de froid & de chaleur en vingt-quatre heures, plus diſtans que dans le reſte de l'année. C'eſt ce que confirme la table ſuivante.

A Londres les variations les plus ordinaires de température dans l'eſpace de vingt-quatre heures ſont pour chaque mois, telles qu'on les voit ici exprimées en degrés de FAHRENHEIT.

Janv.	6°	Mai	14°	Sept.	18°
Févr.	8	Juin	12	Oct.	14
Mars	20	Juill.	10	Nov.	9
Avril	18	Août	15	Déc.	6

« De-là (remarque M. KIRWAN de qui j'em-
» prunte cette table) de-là l'origine des rhumes
» de printems & d'automne (1).

(1) *An eſtimate of the temp. of diff. latit. p.* 74.

CHAPITRE VII.

De l'échauffement du globe terrestre.

§. 66. JE n'ai envisagé jusqu'ici la chaleur de la terre qu'à sa surface & en un lieu particulier. Je vais examiner les opinions de quelques physiciens sur la chaleur de tout le globe. Les uns l'ont jugée croissante, les autres décroissante.

La première de ces opinions dans l'origine, semble avoir été de pure théorie, & fondée sur des notions contraires aux lois de la nature. Elle reposoit sur ce principe que la chaleur ne se communique que de corps à corps, & que sans conducteur matériel elle ne peut se dissiper. Ainsi on négligeoit la chaleur rayonnante qui n'est jamais plus abondante que dans le vide.

§. 67. Cette cause de diminution de chaleur étoit si peu connue au milieu de ce siècle, que M. ÆPINUS, physicien fort exact & ingénieux, ne savoit à quelle idée s'arrêter en s'occupant de ce sujet. Voici ses expressions fidellement traduites.

« Eſt-ce qu'une partie de la chaleur, que » la terre a reçue du ſoleil, ne s'échappe point » continuellement dans l'eſpace vîde des cieux? » J'oſe élever cette queſtion; car l'expérience » a appris que la chaleur peut ſe tranſmettre » & ſe diſſiper dans des eſpaces vîdes d'air & » de tout autre corps viſible ou tangible.

» Peut-être une autre conjecture plaira-t- » elle davantage. Tous mes raiſonnemens » repoſent ſur les lois établies par le conſen- » tement preſqu'unanime des phyſiciens; mais » ces lois ſuppoſent tacitement que les corps » ne peuvent perdre la chaleur qu'ils ont » acquiſe, que par l'écoulement de cette cha- « leur dans d'autres corps ou dans d'autres » lieux moins chauds. Mais divers exemples » ne nous prouvent-ils pas qu'il eſt au pouvoir » de la nature tantôt de produire de la cha- » leur, tantôt de la détruire, ſans qu'il ſoit » néceſſaire qu'elle l'emprunte d'un corps ou » qu'elle la verſe dans d'autres (1) »?

L'auteur fait uſage de cette conſidération avec beaucoup de réſerve & de modeſtie, pour

(1) *Cogitationes de diſtributione caloris per tellurem.* 1761.

la ſolution de la difficulté qu'il s'étoit propoſée. Puis il ſe fait à lui-même cette queſtion : « Ne cherché-je point ici la ſolution d'une » difficulté qui n'exiſte pas » ? Le fondement de ce doute eſt l'impoſſibilité de s'aſſurer par des obſervations comparées qu'en effet le globe terreſtre ne s'échauffe pas. Or s'il s'échauffe, il eſt inutile de mettre en avant des conſidérations du genre de celles que l'auteur vient de préſenter. Mais remarquant que dès les tems les plus anciens, la terre produit dans les mêmes lieux, les mêmes plantes & les mêmes animaux; il envisage les indications de ces thermomètres naturels, comme ſuffiſantes pour rendre improbable la ſuppoſition d'un échauffement graduel de la terre.

§. 68. L'opinion de la chaleur croiſſante de la terre, fondée ſur l'omiſſion totale ou preſque totale d'une cauſe de réfroidiſſement bien conſtatée & conſtamment proportionnelle à la chaleur interne, n'auroit pas beaucoup d'importance; mais quelques phyſiciens ont cru remarquer dans la comparaiſon des obſervations anciennes & modernes des réſultats pro-

pres à l'étayer (1). Cependant elle n'a pas pris faveur, on s'eſt plutôt jeté dans l'opinion contraire. Je me bornerai donc à rappeler que la chaleur des caves, comparée à celle de l'hiver, prouve ſans diſcuſſion un réfroidiſſement quelconque de la terre pendant cette ſaiſon. Ainſi, lors même qu'on prouveroit que la terre s'échauffe graduellement, on ne ſeroit pas diſpenſé de reconnoître une cauſe qui tend à diminuer cet effet. Et comme on ſait que l'échauffement ou la quantité de chaleur ajoutée en tems donné par une même ſource de chaleur va toujours en diminuant (§. 21), lors même qu'on ne voudroit pas reconnoître la loi que ſuit la cauſe du réfroidiſſement, on ſeroit forcé d'admettre un terme auquel l'échauffement ceſſeroit & où les deux cauſes contraires ſe compenſeroient exactement.

---

(1) Voyez un mémoire de M. BARRINGTON, *Tranſ. phil.* année 1768, cité par M. DE LUC, *Lettres ſur l'hiſtoire de la terre* T. I. p. 320.



CHAPITRE VIII.

Du réfroidissement du globe terrestre.

§. 69. L'OPINION du réfroidissement graduel du globe terrestre paroît avoir pris sa source dans des idées théorétiques & assez mal définies ; mais on a cru ensuite pouvoir l'établir sur des observations comparées. Je ne traiterai pas ce sujet très-étendu & en quelque sorte épuisé (1), mais j'indiquerai quelques vices de raisonnemens dans les idées théorétiques, & je ferai quelques rapprochemens d'observations exactes rélatives à cet objet, dans le but de renfermer la question dans de justes bornes, & de ne pas laisser à l'esprit un trop vaste champ d'incertitude.

§. 70. Il paroît que le résultat des calculs de M. DE MAIRAN sur la chaleur solaire a induit en erreur M. DE BUFFON. Car ce célèbre naturaliste en a conclu que les rayons solaires

(1) M. DE LUC l'a traité à fond en réfutant M. DE BUFFON dans ses *Lettres sur l'histoire de la Terre*, *Part. XI. Lett.* 141 & 144.

ne faisoient que compenser $\frac{1}{50}$ème de la perte que fait notre globe de sa chaleur propre. C'est du moins le sens que présentent toutes ses expressions (1). Mais si cela étoit, il faudroit ou que cette petite chaleur solaire fût toute condensée sur un tems très-court exempt de perte, ou que dans tous les instans la terre se réfroidît. Mais la considération du rapport entre la chaleur des caves & celle de l'été prouve que dans cette saison la terre s'échauffe: il faudroit donc que le rapport des chaleurs solaires d'été & d'hiver fût infini sensiblement, & il faudroit de plus que la perte de chaleur propre de la terre cessât ou diminuât infiniment pendant l'été. Toutes suppositions qui répugnent non-seulement au calcul & aux lois de la nature, mais aux principes adoptés par M. DE BUFFON lui-même. Si l'on suppose un fer rouge plongé dans un espace au-dessous de zéro, un corps à zéro placé dans le voisinage du fer rouge pourra bien retarder son réfroidissement, mais il ne l'échauffera pas; le thermomètre qui mesure la chaleur du fer baissera constamment.

(1) *Hist. nat. Suppl.* T. IV. édit. in-8°. & ailleurs.

§. 71. Ce premier vice de raisonnement altère toutes les conclusions de M. DE BUFFON. Mais il est une multitude d'autres circonstances qui les rendent singuliérement hasardées. Cet observateur a été privé dans ses expériences sur le réfroidissement des corps d'un instrument précieux qui les eût rendues exactes & par-là même intéressantes indépendamment de toutes les applications qu'il en a faites. L'instrument dont je veux parler est le thermomètre de WEDGWOOD. Les termes de chaleur rouge ou blanche, substitués à l'indication des degrés de ce thermomètre, rendent incertain le point de départ & par conséquent le résultat même de l'expérience.

§. 72. Enfin M. DE BUFFON (se croyant étayé de l'autorité de NEWTON) a estimé le réfroidissement d'un corps plongé dans le vide (comme le sont les planètes), par le réfroidissement d'un corps environné d'air & d'autres corps chauds (comme l'étoient nécessairement ses boulets rouges). Or cette comparaison ne paroît pas juste. 1°. Les corps entourés d'autres corps se réfroidissent principalement par la perte du feu gêné qui passe de l'un à l'autre

en

en raison de leur conducibilité & de leur capacité ; au lieu qu'un corps plongé dans le vîde ne se réfroidit que par l'émission de la chaleur rayonnante. 2°. Le corps plongé dans le vîde perd sans rien recevoir en échange, au lieu que le boulet entouré d'autres corps en reçoit de la chaleur. Il est vrai qu'il ne faut considérer ici que l'excès de chaleur du boulet ; mais à mesure qu'il perd de cet excès, les corps voisins en gagnent, & leur échauffement & son réfroidissement deviennent plus lents (§. 21). Il suit de-là, si je ne me trompe, que les indications rélatives à la durée du réfroidissement que peuvent donner de telles expériences, appliquées aux corps planétaires, sont tout-à-fait hasardées, & qu'en général le réfroidissement de ces corps plongés dans le vîde, devroit être beaucoup plus rapide que celui des corps chauffés par l'art & observés sur la terre.

§. 73. Il n'y a donc pas lieu d'avoir confiance à la théorie sur laquelle est fondée l'opinion du réfroidissement graduel de la terre, & encore moins aux calculs de la durée de ce réfroidissement. Si cette opinion est juste il faut lui

donner d'autres bases. Mais du moins est-il sûr que ce n'est point un réfroidissement constant, puisque l'été il se change en échauffement. Considération importante, en ce qu'elle tend à présenter le rapport des chaleurs terrestre & solaire sous son vrai point de vue. (§. 36). Je dirai un mot des résultats de l'observation dans le chapitre suivant.



CHAPITRE IX.

De l'échauffement & du réfroidissement du globe terrestre envisagés dans leurs effets combinés.

§. 74. L'EFFET de la chaleur solaire pour échauffer l'emporte en été, l'effet de la chaleur rayonnante pour réfroidir l'emporte en hiver. Si la terre n'a point de chaleur propre qu'elle ne l'ait empruntée du soleil, & si elle a atteint le terme de cette accumulation sa chaleur moyenne est constante. Mais la connoissance certaine de l'existence d'une chaleur propre a porté plusieurs physiciens à croire

que cette chaleur propre avoit une autre origine, M. DE MAIRAN déclare qu'il ne prétend point déterminer cette origine, mais il ajoute : « Ce » n'est pas que l'opinion d'un feu véritablement » central, & peut-être de même nature que » celui du soleil, en un mot, que le petit » soleil *encroûté* de DESCARTES, bien entendu, » ne me paroisse aussi soutenable qu'aucune » autre hypothèse de cette espèce, & ne » semble percer ici de toutes parts (1) ».

§. 75. M. DE BUFFON rejette ce soleil encroûté & y substitue l'hypothèse d'une chaleur primitive, & il la dérive de l'origine des corps planétaires qu'il suppose avoir été détachés du soleil par le choc d'une comète.

§. 76. Le peu de profondeur à laquelle pénètre la chaleur du soleil pendant le cours d'une année s'est jointe à la considération de sa foible intensité apparente, pour combattre l'opinion de ceux qui vouloient attribuer la chaleur propre de la terre à l'accumulation de la chaleur solaire ; car, comme cette cause est très-manifeste, si elle avoit paru suffisante

(1) *Mém. de l'Acad. de Paris* 1765, *p.* 149.

on s'y seroit attaché. Et comme en l'envisageant seule elle doit produire une chaleur constante, on auroit probablement moins penché en faveur des hypothèses qui la supposent croissante ou décroissante. Il me paroît utile par ces considérations de ramener un instant l'attention des physiciens sur les vrais effets de l'accumulation de la chaleur solaire dégagés de toute autre influence.

§. 77. Une expérience curieuse de M. De Saussure prouve qu'avec quelques précautions on peut accumuler à un très-haut degré la chaleur solaire. Ce célèbre physicien en exposant au soleil des boîtes de verre plan, enfermées les unes dans les autres & reposant sur un fond noir, concentra tellement la chaleur qu'elle suffit pour cuire des fruits, & que par conséquent elle surpassa de beaucoup l'effet immédiat des rayons solaires (1).

(1) *Voyages dans les Alpes*, T. II, §. 933. M. De Saussure s'exprime d'ailleurs de manière à laisser voir qu'il regarde la chaleur solaire comme la principale cause de la chaleur intérieure de la terre. *Voyage dans les Alpes*, T. I, §. 532, & T. II, §. 787. Et M. Senebier embrasse la même opinion. *Journ. de Phys. Mars* 1792, p. 177.

§. 78. Mais il est une expérience plus commune que je ne craindrai pas de rappeler ici, quoiqu'elle soit tirée d'un objet fort peu propre en apparence à servir de terme de comparaison dans des recherches de cette nature. Des viandes mises à la broche & qu'échauffe le feu d'un foyer, présentent tour à tour à ce feu diverses parties de leur surface. Faisant abstraction de l'air ambiant, elles sont dans une position analogue à celle où se trouve la terre par rapport au soleil. D'un côté elles s'échauffent par les rayons du foyer, de l'autre elles se réfroidissent par leur propre chaleur rayonnante. L'effet d'une ou de deux rotations est petit & presqu'insensible. Il faut du tems pour que le feu pénètre. Mais enfin il sature toute la masse & la maintient à un certain degré de chaleur qui est produit par l'effet des deux causes contraires parvenues à leurs maxima.

A cette époque si des êtres intelligens (d'une grandeur proportionnée) placés à la surface de ce corps pouvoient y observer les degrés de sa température, ils ne tarderoient pas à reconnoître que leur terre (si je puis m'exprimer ainsi) jouit d'une chaleur propre actuellement indé-

pendante de celle du foyer : car ils reconnoîtroient que la différence de température de leur jour à leur nuit n'est pas très-grande. Ils s'assureroient ensuite que les rayons du foyer pénètrent très-peu au-delà de la première écorce de leur terre, pendant l'espace d'une seule rotation. Et la raison de ce phénomène tient à celui qu'ils auroient précédemment déterminé, je veux dire à la chaleur propre de leur terre. Car cette chaleur intérieure étant gênée se dissipe la nuit très-lentement, la première écorce seule se dépouille de feu. Et c'est de ce feu-là seul, remplacé par l'action du foyer, que le thermomètre rend compte. Le feu plus intérieur se soutenant par voie d'échanges toujours à-peu-près au même niveau, paroît n'éprouver presqu'aucune altération. Ainsi ces observateurs auroient à-peu-près les mêmes apparences thermométriques qu'offre la surface de la terre, & toutefois ils auroient tort d'en inférer que la chaleur de leur habitation est indépendante de celle du foyer. Car elle procède toute du foyer, & s'il venoit à s'éteindre, elle se dissiperoit tout-à-fait.

Je ne prétends pas, par ces raisonnemens, ex-

clurre toutes les caufes d'échauffement indépendantes de l'action des rayons folaires, ni affirmer que celle-ci ait amené le point déterminé auquel la terre doit être douée d'une température conftante. J'indique feulement la poffibilité de ces deux faits, à laquelle il me femble qu'on doit s'en tenir, jufqu'à ce qu'on ait des indices certains de l'action de quelqu'autre caufe.

§. 79. Voici maintenant quelques réfultats d'obfervation touchant l'état de la chaleur propre de la terre.

Table de la chaleur moyenne à Padoue.

		Degrés de Reaumur.
De 1725	à 1730	14,4
1731	- 1736	14,2
1737	- 1742	13,2
1743	- 1748	13,0
1749	- 1754	12,2
1755	- 1760	12,5
1761	- 1769	11,5
1770	- 1774	10,3
1775	- 1779	9,8

Cette table donnée par M. Toaldo (1), telle que je la préfente, femble indiquer un décroiffement de chaleur graduel d'environ un dixième de degré par année. La fin de cette table offre un léger défordre. Les moyennes

(1) *Effai météorologique*, p. 173.

sont prises de six en six ans jusqu'à l'année 1761 où on en accumule neuf, puis on n'en réunit que quatre dans les deux suites subséquentes. Du reste on voit que, pendant ces cinquante-quatre années-là, à Padoue la surface de la terre s'est réfroidie graduellement. Les hivers ont enlevé au sol un peu plus de chaleur que les étés ne lui en ont communiqué.

§. 80. *Table de la chaleur moyenne à Berlin pendant dix-huit années consécutives.*

Années	Degrés de REAUMUR.	Moyennes de trois en trois ans.	Moyennes de six en six ans.
1769 . . .	7,6		
1770 . . .	7,6		
1771 . . .	6,5		
1772 . . .	8,0	7,2	
1773 . . .	8,5		
1774 . . .	7,8	8,1	
1775 . . .	8,7		7,7
1776 . . .	7,2		
1777 . . .	7,4	7,8	
1778 . . .	8,4		
1779 . . .	9,7		
1780 . . .	7,7	8,6	
1781 . . .	8,9		8,2
1782 . . .	7,4		
1783 . . .	8,4	8,2	
1784 . . .	7,2		
1785 . . .	6,5		
1786 . . .	7,1		
		6,9	
Moyenne .	7,8		7,7

Cette table extraite des *Mémoires de l'Académie de Berlin* préfente un réfultat différent de la précédente. On y voit la chaleur croître & décroître alternativement. Et dans ce lieu-là on peut préfumer que la chaleur moyenne eft conftante. Car les caufes accidentelles qui produifent ces variations alternatives doivent être négligées.

§. 81. *Table de la chaleur moyenne à Franeker pendant douze années confécutives.*

Années.	Degrés de Reaumur.	Moyennes de trois en trois ans.	Moyennes de fix en fix ans.
1771 . . .	7,6		
1772 . . .	9,1		
1773 . . .	9,1	8,6	
1774 . . .	8,8		
1775 . . .	9,5		
1776 . . .	7,5	8,6	
1777 . . .	8,1		8,6
1778 . . .	9,0		
1779 . . .	10,0	9,0	
1780 . . .	8,5		
1781 . . .	*		
1782 . . .	7,4		
1783 . . .	8,9		
		8,3	8,6

Ces obfervations de M. VAN SWINDEN, tirées des *Mémoires de météorologie* du P. COTTE, T. II, p. 345, indiquent auffi une chaleur ftationnaire. Les obfervations de l'année 1781

ne se trouvant pas complettes n'ont pu fournir de moyennes.

§. 82. *Table de la chaleur moyenne à Marseille pendant neuf années.*

Années.	Degrés de Reaumur.	Moyennes de deux en deux ans.	Moyennes de quatre en quatre ans.
1772 . . .	12,8		
1773 . . .	11,8		
1774 . . .	11,8	12,3	
1778 . . .	11,2		
1779 . . .	10,4	11,5	11,9
1780 . . .	10,7		
1781 . . .	12,0	10,5	
1782 . . .	13,3		
		12,6	11,0

Ces observations, faites par M. De Saint-Jacques, & consignées dans les *Mémoires de météorologie* du P. Cotte, T. II. p. 420, offrent le même résultat.

§. 83. *Table de la chaleur moyenne à Péters-bourg pendant sept années consécutives.*

Années	Degrés de Reaumur.	Moyennes de deux en deux ans.
1772 . . .	3,5	
1773 . . .	3,3	
1774 . . .	2,6	3,4
1775 . . .	3,4	
1776 . . .	2,9	3,0
1777 . . .	2,1	
1778 . . .	2,6	2,5

Ces obſervations de M. EULER, conſignées dans les *Mémoires de l'Académie de Pétersbourg*, ſont extraites ici des *Mémoires de météorologie du P. COTTE*, *T. II. p.* 505. Elles indiquent auſſi une chaleur conſtante, puiſque les degrés croiſſent après avoir décrû.

§. 84. On eſt porté en conſéquence à attribuer à quelque cauſe locale la marche décroiſſante de la chaleur à Padoue (1). Et il ſemble que ce phénomène ne peut pas ſuffire pour étayer la doctrine du réfroidiſſement de la terre, puiſqu'en d'autres lieux la chaleur paroît ſtationnaire.

En général, & quel qu'ait été l'état primitif du globe terreſtre, ſoit qu'il ait commencé par être chaud, ſoit qu'avant l'irradiation ſolaire il fût abſolument froid; il y a lieu de croire que ſon exiſtence a été aſſez longue dans l'état planétaire où nous l'obſervons, pour parvenir au terme où ſa chaleur moyenne doit être ſtationnaire.

(1) N'y a-t-il point lieu même de ſoupçonner quelqu'imperfection dans les inſtrumens, qui aura pu occaſionner l'accroiſſement apparent de chaleur, comme le P. COTTE en a découvert dans des baromètres qui ſembloient indiquer un accroiſſement de peſanteur dans l'air? *Traité de météorologie*, *pag.* 379 & 606.

En 1788 à Genève le réfroidissement nocturne moyen, estimé par la différence du degré thermométrique moyen au coucher & au lever du soleil, a été de 3°,5 de Réaumur (§.40). Si l'on suppose pendant le jour une chaleur rayonnante égale à celle-là, il s'ensuit que dans nos climats en 24 heures la terre perd 7° de chaleur.

Supposons que la chaleur solaire, & toute autre cause de chaleur interne nouvelle, soit tout-à-coup supprimée. Et admettons pour un moment que la chaleur rayonnante de 7 degrés par jour représente la moyenne de tout le globe. Feignons enfin que cette chaleur de 7° est la millième partie de toute la chaleur interne, & que la terre continue constamment à émettre en un jour entier la millième de la chaleur qu'elle possédoit à la fin du jour précédent.

Soit x le nombre des jours après lesquels la chaleur interne est tellement réduite qu'elle devient nulle sensiblement, comme elle le sera en effet si elle est, par exemple, d'un seul degré. Et nous aurons (§. 19.)

$$x = \frac{l.1 - l.7000}{l.0{,}999} = 8849\tfrac{1}{2}$$

Ainsi en 8850 jours la chaleur du globe seroit

réduite à moins d'un degré, c'est-à-dire qu'après ce tems-là, (soit un peu plus de 24 ans), toute la chaleur propre de la terre pourroit être considérée comme détruite, & le globe seroit devenu comme absolument froid.

Sans presser trop rigoureusement cette conséquence n'en peut-on pas inférer, que le terme du réfroidissement, en supprimant toute source de chaleur, ne seroit pas aussi long que quelques physiciens l'ont présumé, & qu'il ne se perdroit pas dans cette suite immense de siècles que M. DE BUFFON s'est plû à entasser?

Le froid rigoureux que produisent les longues nuits dans les climats circonpolaires (malgré leur communication avec des climats plus chauds, soit par la terre, soit par la mer, soit sur-tout par l'atmosphère) confirme bien cet apperçu.

SECTION III.

De la chaleur rélative des deux hémiſphères du globe terreſtre, ou du froid auſtral.

CHAPITRE PREMIER.

De l'effet de la diſtance du ſoleil ſur les deux hémiſphères de la terre.

§. 85. AU ſolſtice du cancer la diſtance de la terre au ſoleil eſt près de ſon maximum, lequel eſt vers le premier Juillet de 101683 parties.

Au ſolſtice du capricorne cette diſtance eſt près de ſon minimum, lequel eſt vers le premier Janvier de 98325 parties.

Ces parties ſont des cent-millièmes de la diſtance moyenne.

Le rapport de ces deux diſtances extrêmes n'eſt pas fort éloigné de celui de 30 à 29. Et leur différence abſolue eſt environ un million de lieues.

Le rapport des quarrés de ces diſtances extrêmes eſt à-peu-près celui de 15 à 16. Ainſi la raiſon de la denſité des rayons ſolaires à ces deux époques eſt celle de 16 à 15. Et dans les jours qui précédent & qui ſuivent, cette denſité ſoutient un rapport analogue & toujours décroiſſant.

Quoique les époques de ces diſtances extrêmes ne tombent pas exactement ſur les ſolſtices, elles en ſont ſi voiſines qu'on peut les y rapporter ſans commettre d'erreur ſenſible.

§. 86. Le ſolſtice du cancer eſt l'été de l'hémiſphère boréal, l'hiver de l'auſtral. Le ſolſtice du capricorne eſt l'hiver du premier, l'été du ſecond.

L'effet de la différente diſtance ſolſticiale du ſoleil ſur la chaleur rélative de ces hémiſphères eſt donc de rendre l'été boréal moins chaud, & l'hiver boréal moins froid, que ces mêmes ſaiſons auſtrales reſpectivement.

Or la chaleur ſolaire eſtive étant plus grande que la chaleur ſolaire hiémale dans un rapport très-ſenſible, l'excès de chaleur pendant l'été réſultant d'un rapport donné (tel que celui de 16 à 15), doit être ſupérieur à celui d'hiver qui réſulte du même rapport.

A cet égard donc, & abstraction faite de toute autre considération, celui des deux hémisphères qui a l'été le plus chaud devroit acquérir une température plus élevée, quoique ses hivers soient moins chauds. Or c'est l'austral qui est dans ce cas-là. Cet hémisphère seroit donc un peu plus chaud que l'autre, si la raison des distances au soleil modifioit seule la température de notre globe.

§. 87. C'est ce qu'a bien vû M. DE MAIRAN, qui s'étant déterminé (à la vérité trop légérement) à exclure d'autres considérations qui modifient celle-ci, s'est montré conséquent en concluant que, si la différence de distance avoit un effet sensible, elle devroit rendre l'hémisphère austral plus chaud que le boréal.

Il fait voir que la conversion des étés & hivers solaires d'un hémisphère en ceux de l'autre, consiste à augmenter pour l'austral le rapport de ces deux saisons de l'influence de ces différentes distances au soleil. Et il remarque là-dessus « que la quantité dont les étés solaires de l'hé-» misphère austral sont plus grands que ceux » du boréal, surpassera toujours celle dont les » hivers sont plus petits ou plus froids », & cela

cela felon une raifon qu'il tâche de déterminer (1).

Il répète la même remarque avec de nouveaux détails à la fin du même mémoire ; mais il juge que ce léger excès de chaleur auftrale doit être infenfible (2).

§. 88. C'étoit donc bien légérement que d'autres phyficiens, cités par M. ÆPINUS, ne confidérant point (non plus que M. DE MAIRAN) les moyens de compenfation par lefquels la nature combat l'influence de cet élément, prétendoient néanmoins que, par le feul effet de la moindre diftance hiémale, l'hémifphère boréal devoit contracter un excès de chaleur.

Je ne fais pas quels font ces phyficiens que M. ÆPINUS défigne fans les nommer. Mais il les réfute fans beaucoup de peine par la confidération de la plus grande diftance eftive. « Car, dit-il, on peut démontrer aifément » que la nature répare avec ufure pendant l'été

(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris pour* 1765, *page* 174.

(2) *Ibid. p.* 234.

» la perte qu'elle a fait éprouver l'hiver aux » régions australes (1) ».

M. ÆPINUS ne développe pas davantage cet argument ; mais on ne peut douter qu'il n'en sentît toute la force. Du reste, il paroît croire que cet effet de la distance est insensible, & il le néglige entiérement.



CHAPITRE II.

De l'effet de la durée des saisons froides & chaudes sur la chaleur rélative des deux hémisphères de la terre.

§. 89. FAISANT donc abstraction totale de la distance du soleil, M. ÆPINUS s'arrête à la considération de la durée des saisons froides & chaudes.

Dans l'hémisphère boréal celles-ci surpassent celles-là de sept jours. Ainsi, à compter l'année de trois cent soixante-cinq jours, on peut dire

(1) *Cogitationes de distributione caloris per tellurem.*

que le rapport des jours chauds du boréal aux jours chauds de l'austral est celui de 186½ à 178½, ou de 23 à 12 à-peu-près; & la chaleur de ces deux hémisphères doit être dans le même rapport; car les effets des forces, toutes choses d'ailleurs égales, sont proportionnelles aux tems (1).

§. 90 M. DE MAIRAN s'étoit bien apperçu que la durée des saisons froides & chaudes devoit produire quelqu'effet sur la chaleur solaire. Il avoit bien remarqué que dans le tems où la distance du soleil est la plus grande, la terre se mouvant plus lentement dans son orbite & réciproquement, devoit avoir là plus, & ici moins de tems pour recevoir & absorber les rayons lumineux.

« Remarquons, dit-il, que de ces mêmes » distances, qui constituent ce troisième élé» ment (2), naît en partie un autre principe

(1) M. ÆPINUS estime ce rapport de 14 à 13, parce qu'il établit la durée des étés boréal & austral de 189½ & de 175½ jours. J'ai cru devoir ici corriger cette inadvertence. Voy. *Cogitationes de distributione caloris per tellurem*, & *Origine des forces magnétiques*, §. 124. où ce fragment est traduit en entier.

(2) Voyez ci-dessus ce que M. DE MAIRAN entend par son troisième élément, §. 46.

» de chaleur tout opposé, & qui semble devoir » tempérer les effets du précédent ; savoir, la » lenteur & la vîtesse réciproques du mouve- » ment annuel apparent, en vertu duquel, & » du réel qui s'y mêle, le soleil emploie huit » jours de plus à parcourir les signes septen- » trionaux ; c'est-à-dire, que le soleil passe » 186 ½ jours dans notre hémisphère, & seule- » ment 178 ½ dans l'hémisphère opposé. Ce » qui, en général, ne peut manquer de répan- » dre un peu plus de chaleur sur l'été du » premier, & un peu moins sur son hiver. Mais » comment apprécier la partie de ce plus & » celle de ce moins qui tombent sur les jours » solsticiaux, auxquels seuls nous faisons atten- » tion & en déterminer le rapport avec les » autres causes ; car il se mêle ici des circons- » tances astronomiques, telles que la longitude & » l'ascension droite, qui peuvent en altérer con- » sidérablement la distribution. Il paroît seu- » lement au premier coup-d'œil, que le résultat » en sera bien inférieur à l'énergie de notre » troisième élément en raison doublée ».

Ici M. De Mairan cherche à confirmer cette assertion par l'estimation approximée de

l'influence que peut avoir cette différence de durée, & il conclut par ces mots : « De » manière que tout considéré, & vû en effet » la petitesse de ces quantités, je n'aurai ici » aucun égard aux huit révolutions de plus » que fait le soleil dans notre hémisphère, » rélativement au jour du solstice (1) ».

On peut se rappeler que M. DE MAIRAN estime les chaleurs d'été & d'hiver, en les rapportant aux jours solsticiaux, & qu'il y fait entrer les autres jours en doublant le rapport des arcs sémi-diurnes (§. 51). Ainsi la négligence que ce physicien commet ici à dessein ne se borne pas aux jours solsticiaux, mais s'étend à toute la durée des saisons froides & chaudes. Et il est facile de voir que les raisons qu'il donne pour autoriser cette négligence se réduisent à deux, la petitesse de l'effet négligé & la difficulté d'en tenir compte.

§. 91. Il est remarquable que deux philosophes tels que MM. ÆPINUS & DE MAIRAN, écrivant sur le même sujet presqu'au même

(1) *Mémoires de l'Ac. des Sciences de Paris pour* 1765. *p.* 166.

instant (1), se soient accordés en ceci, que tous deux ont cru pouvoir légitimement négliger l'une des deux considérations qui influent sur l'intensité rélative des rayons solaires que reçoivent les deux hémisphères de la terre en allant d'un équinoxe à l'autre, ou en parcourant 180° de l'écliptique sous le même aspect; savoir, la distance du soleil & le tems employé à parcourir ces 180 degrés. Et il n'est pas moins remarquable que chacun d'eux néglige l'élément dont l'autre croit devoir tenir compte.

M. DE BUFFON ne s'est pas apperçu de ce dissentiment, & a suivi ces deux auteurs avec une confiance presqu'égale, soit expressément, soit tacitement.

---

(1) La dissertation de M. ÆPINUS *de distributione caloris &c.*, fut lue à l'Académie de Pétersbourg en 1761. Le mémoire de M. DE MAIRAN intitulé : *Nouvelles recherches sur la cause générale du chaud en été & du froid en hiver, &c.*, fut lu à l'Académie des Sciences de Paris en 1757, & publié dans les mémoires de cette Académie pour 1765.



CHAPITRE III.

De l'effet combiné du tems & de la diſtance ſur la quantité de l'irradiation ſolaire.

§. 92. TEL eſt l'état d'imperfection & d'obſcurité où cette théorie a été laiſſée, & je ne connois aucun ouvrage dans lequel on ait tenté de l'en tirer. Je vais y ſuppléer par l'expoſition d'un théorême qui jette le plus grand jour ſur cette matière, & qui tranche d'un coup toutes les difficultés dont elle ſembloit hériſſée.

Ce théorême & ſa démonſtration ſont dûs à M. BÉNÉDICT PREVOST, mon parent, qui me les a communiqués, en me permettant d'en faire uſage. Avant de le tranſcrire, je vais en dire le réſultat.

Lorſque le ſoleil eſt plus éloigné, il ſe meut plus lentement & réciproquement. Ces deux circonſtances ſe modifient mutuellement & agiſſent en ſens contraire ſur l'intenſité de la chaleur ſolaire. La difficulté de tenir compte ſans-ceſſe de ces deux quantités variables,

jointe à la fausse persuasion que l'une ou l'autre étoit de petite conséquence, les a fait alternativement négliger. Or il se trouve qu'en suivant la terre dans toute son orbite, on découvre que l'une de ces causes compense l'autre exactement, & qu'elles ne produisent par conséquent aucun effet sur la quantité de l'irradiation solaire. Ceci doit s'entendre d'angles égaux mesurés sur l'écliptique. C'est en parcourant de tels angles qu'on peut affirmer que la distance de la terre au soleil est une chose indifférente pour la somme des rayons qu'elle reçoit. Supposons la terre deux fois plus éloignée à l'origine d'un angle de 10° mesurés sur l'écliptique, qu'elle ne l'est à une autre point quelconque de son orbite. En parcourant 10° de longitude dans cette dernière position, elle recevra précisément la même quantité de lumière, que si elle les eût parcourus dans la première. Et cela vient de ce que le tems qu'elle emploie à décrire ces angles égaux est, dans tous les points, précisément en raison inverse du quarré de la distance. Il est quadruple à l'origine de l'arc le plus éloigné, & ainsi de suite.

Je passe maintenant au théorême démontré

par M. Bénédict Prevost, tel qu'il me l'a envoyé dans ſa lettre datée de Montauban le 3 Décembre 1791.

93. Théoreme.

La lumière ſolaire qui parvient à la terre eſt égale dans toute partie égale de l'écliptique, parcourue ou non en tems égal.

Démonstration.

Soit *AMB* l'orbite elliptique que parcourt le ſoleil, & dont le centre *P* de la terre occupe un des foyers (1). *Fig.* 1.

Que *QqRQ* repréſente l'interſection écliptique de l'orbe & du globe terreſtre. Et ſoient menées les droites *PM*, *Pm* infiniment près l'une de l'autre; puis du rayon *PM* ſoit décrit l'arc circulaire *Mn*.

Mn eſt comme $PM \times Qq$.

Mais le tems que le ſoleil met à parcourir *Mm* ou à décrire *Qq* eſt comme l'eſpace $Mn \times PM$, ou comme $Qq \times \overline{PM}^2$; c'eſt-à-dire, en raiſon directe de *Qq* & du quarré de la diſtance *PM*.

(1) *Nota.* Il eſt indifférent & plus ſimple de ſuppoſer le ſoleil mobile.

Par conséquent la quantité de lumière reçue par Qq, qui est directement comme le tems & inversément comme le quarré de la distance, est proportionnelle à Qq.

Elle sera donc égale dans toute partie égale de l'écliptique, parcourue ou non en tems égal. *C. q. f. d.*

§. 94. Ce théorême s'applique immédiatement à la considération des saisons froides & chaudes, telles que les concevoient MM. ÆPINUS & DE MAIRAN, puisque d'un équinoxe à l'autre il y a de chaque côté 180° de l'écliptique. Par conséquent d'un équinoxe à l'autre, la terre reçoit d'égales quantités de lumière.

§. 95. Il est à remarquer que la démonstration de ce théorême, étant fondée sur la loi des aires, est très-générale. Elle s'applique non-seulement à la terre, aux planètes, aux comètes; mais elle s'applique à toute loi de forces centrales: si, par exemple, on substituoit à l'attraction neutonienne, une attraction en raison inverse des cubes des distances; les corps circulans, décrivant en ce cas des spirales, seroient néanmoins compris dans la démonstration. Ensorte que, à toute distance, quelle

que soit la loi sous laquelle se meuvent les corps agités de forces centrales, tant qu'ils décrivent des angles égaux, ou en d'autres termes, des arcs égaux du cercle sur lequel leur orbite se projette ; ils ne cessent point de recevoir du soleil central d'égales quantités de lumière. Les comètes les plus éloignées en reçoivent autant pendant qu'elles parcourent la portion aphéliaque de leur orbite, que pendant leur périhélie ; pourvu que ces deux portions soient séparées par une corde qui traverse le soleil, ou en d'autres termes, par un rayon vecteur prolongé de manière à couper l'orbite en deux points.

Ces résultats, envisagés dans leur généralité, peuvent avoir des conséquences importantes. Je me borne à les appliquer à la terre, & je vais m'en servir pour déterminer la chaleur rélative de ses deux hémisphères.



CHAPITRE IV.

De la chaleur rélative constante des deux hémisphères terrestres, envisagés comme séparés.

§. 96. L'OPINION de quelques physiciens, touchant l'effet de l'inégale distance du soleil (§.88), & celle de M. ÆPINUS touchant l'effet de l'inégale durée des saisons (§. 89), étoient donc également destituées de fondement. Ces physiciens & M. ÆPINUS croyoient également, que la cause dont ils s'occupoient devoit rendre plus abondante l'irradiation solaire sur l'hémisphère boréal; & nous venons de voir que cette irradiation est rigoureusement égale pour les deux hémisphères; car d'un équinoxe à l'autre le soleil répand sur la terre précisément la même quantité de lumière. Or, comme les deux hémisphères se présentent au courant lumineux tour-à-tour dans deux positions ou sous deux aspects parfaitement semblables, il ne peut y avoir aucune disparité dans la partie de ce courant qu'ils interceptent.

§. 97. Puis donc que les deux hémiſphères reçoivent la même quantité de chaleur ſolaire, s'il y a entr'eux quelque différence quant à la température, provenant de la diſtribution de cette chaleur, elle ne peut dépendre que de la chaleur rayonnante. Il faut donc examiner maintenant l'effet de ce rayonnement ſous ce point de vue.

98. *PROBLEME.*

Deux ſources de chaleur coulant uniformément, & commençant au même inſtant, verſent dans deux corps pareils, des quantités égales de chaleur; mais l'une y emploie moins de tems que l'autre. On demande lequel de ces deux corps ſera le plus chaud à une certaine époque poſtérieure à l'extinction des deux ſources.

SOLUTION.

Puiſque ces deux ſources verſent d'égales quantités de chaleur en tems inégaux, il faut que les quantités qu'elles verſent dans un même inſtant, ou leurs *incrémens*, ſoient inverſément comme leurs durées.

Conſidérant donc la quantité verſée par la

moins durable à l'époque où elle tarit, il est facile de concevoir que cette quantité est composée de deux parties, dont l'une est égale à celle qu'a versée à la même époque la source qui n'est pas encore tarie, & l'autre est égale à ce qui reste encore à verser à celle-ci avant qu'elle tarisse.

De ces deux parties l'une étant la même dans les deux sources, & versée de part & d'autre en même tems & de la même manière, ne peut jamais produire entr'elles aucune diversité.

L'autre partie est à la vérité égale dans les deux sources, mais les incrémens dont elle est formée dans chacune sont inégaux, étant pour la plus durable les mêmes que ci-devant, & pour la moins durable la différence de ceux qui étoient inversément proportionnels aux tems.

Supposant ces incrémens inégaux commensurables entr'eux (1); qu'on les divise dans leurs aliquotes communes, & l'on verra que dans la source qui dure le moins chaque ali-

(1) Il est si facile & si long de passer des commensurables aux incommensurables que je supprime ce détail.

quote est versée plutôt qu'aucune aliquote de l'autre source. Ainsi chacune des premières éprouvera une plus grande perte par l'effet du rayonnement qu'aucune des dernières. Mais la totalité de ces aliquotes est la même de part & d'autre. Par conséquent la chaleur versée par la source qui dure le moins sera plus diminuée que l'autre, lorsque toutes deux auront cessé de couler.

Donc enfin le corps soumis à l'influence de la source qui dure le plus se trouvera plus chaud à cette époque, & par conséquent à toute autre subséquente.

Ce qu'il s'agissoit de déterminer.

99. PROBLEME.

Conservant les mêmes déterminations, on demande de résoudre le même problême, en supposant que les deux sources ne coulent pas uniformément, mais que pendant toute leur durée il n'y ait qu'un seul instant où l'incrément de l'une soit égal à celui de l'autre (1).

(1) J'ai évité de charger l'hypothèse de certaines déterminations si naturelles que tout lecteur les supplée, & qui ne se rapportent qu'à des cas très-particuliers. Je vais les indiquer ici ;

SOLUTION.

Puisque l'origine des deux sources est placée au même instant, & que dans leurs durées inégales elles versent d'égales quantités de chaleur, il faut que la moins durable soit celle dont les premiers incrémens sont les plus grands, ou qu'il y ait deux instans où l'incrément d'une source égale celui de l'autre. Mais ce dernier cas est exclu par l'hypothèse; ainsi c'est le premier qui doit être admis.

Puisque la source qui a les moindres incrémens à l'origine, est celle qui dure le plus; il y a nécessairement un instant dans leur commune durée, auquel l'incrément de l'une égale celui de l'autre.

1°. Je suppose les sources continues.

2°. L'incrément d'une source est dit être *égal* à celui de l'autre source au même instant, lorsque l'instant qui suit les incrémens ont changé de rapport en passant par celui d'*égalité*, en sorte que la source qui au premier instant avoit le plus grand incrément, au second instant se trouve avoir le plus petit.

3°. Dans le cas où l'égalité seroit supposée avoir lieu sous la forme que je viens d'indiquer; si elle tomboit sur le dernier instant de l'existence de la source la moins durable, on conçoit que l'instant d'après l'incrément de cette source étant nul, l'incrément de l'autre seroit plus grand; c'est ainsi que pour ce cas-là la définition de l'*égalité* trouveroit son application.

Et à tout instant subséquent l'incrément de la source la plus durable est plus grand que celui de l'autre source (*hyp.*).

Il suit de-là qu'on peut considérer la chaleur versée de part & d'autre comme composée de deux parties; dont l'une est exactement la même dans chaque source, soit pour la quantité, soit pour la distribution & l'époque de chacun de ses incrémens. L'autre partie dans chaque source est la même en quantité, mais peut différer quant à la distribution, & diffère quant à l'époque.

Car dans la source moins durable, elle est placée avant, & dans la source plus durable, après l'instant où ces deux sources ont un incrément égal.

Concevons chaque incrément de ces parties dissemblables divisé en un certain nombre d'aliquotes égales. Et puisque les deux parties sont égales en quantité, elles en contiendront chacune un même nombre, & chacune de ces aliquotes exécutera le même rayonnement en tems donné. Mais toutes les aliquotes qui appartiennent à la source la moins durable sont versées plutôt qu'aucune des aliquotes de l'au-

tre source. Donc leur perte sera plus grande à l'époque où celle-ci tarit & à toute autre postérieure.

Donc enfin, à cette époque-là, le corps soumis à l'influence de la source la plus durable sera le plus chaud.

Ce qu'il falloit déterminer.

§. 100. Le problême du §. 98. pourroit également se résoudre sans diviser la chaleur versée de part & d'autre en ses parties semblables & dissemblables. C'est ainsi que je l'avois fait d'abord ; & il suffit pour cela de comparer les suites qui expriment la chaleur acquise de part & d'autre à l'époque qu'on détermine ; mais cette méthode conduit à des calculs assez compliqués.

Je dois l'heureuse idée qui les simplifie à M. De Végobre. C'est ce même philosophe qui apperçut le premier l'insuffisance des théories vulgaires pour expliquer le phénomène de la réflexion du froid, & dont les remarques furent l'occasion de mes premières recherches à ce sujet.

§. 101. Dès que la source s'éteint, la chaleur restante dans le corps aux instans subsé-

quens peut être repréſentée par les ordonnées d'une logarithmique. Pendant que la ſource coule, on peut comparer la chaleur entrante à une vîteſſe qui croît uniformément, & la chaleur ſortante à une réſiſtance ſimplement proportionnelle à la vîteſſe. C'eſt donc à ce dernier égard un cas qui a quelqu'analogie avec celui que traite NEWTON, *Princip. L. II. Prop.* 3 *&* 2.

On pourroit auſſi démontrer la propoſition du §. 98. au moyen du raiſonnement ſuivant.

Tant que la ſource hâtive coule, le corps qui la reçoit eſt celui qui rayonne le plus. Et depuis l'extinction de cette ſource, juſqu'à celle de la ſource tardive, il rayonne, ou autant, ou plus, ou moins, que l'autre corps. S'il rayonne autant ou plus, il eſt évident que ſa perte totale eſt plus grande; & s'il rayonne moins il eſt un inſtant où ſa chaleur interne eſt moindre (§. 16.) Or il n'acquiert rien. Donc cette chaleur interne ſe maintiendra moindre conſtamment, & entr'autres elle arrivera telle à l'époque indiquée.

§. 102. THÉOREME.

L'influence solaire échauffe l'hémisphère boréal plus que l'austral.

DÉMONSTRATION.

Faisons abstraction de l'influence solaire d'hiver, & ne considérons de part & d'autre que celle d'été qui a lieu d'un équinoxe à l'autre.

1°. Chaque hémisphère décrivant 180° de l'écliptique reçoit d'égales quantités de chaleur en tems inégaux (§. 93).

2°. Cette chaleur est versée de part & d'autre selon la loi indiquée dans l'hypothèse du §. 99. (§. 103).

Donc à l'époque où cessera la source la plus durable, le corps soumis à son influence sera le plus chaud (§. 99).

Mais c'est l'hémisphère boréal qui est dans ce cas (§. 89).

Donc enfin, en vertu de l'influence du soleil d'été, l'hémisphère boréal sera plus réchauffé que l'austral.

Il est vrai qu'en vertu du soleil d'hiver, le contraire aura lieu.

Mais le ſoleil d'été ſurpaſſe beaucoup en intenſité le ſoleil d'hiver.

Donc le boréal ſera réchauffé par l'excès du réchauffement d'été ſur celui d'hiver, réſultant de la circonſtance que nous venons d'analyſer.

Et comme ceci ſe répéte chaque année, il doit enfin y avoir une chaleur rélative conſtante plus grande dans l'hémiſphère boréal. *C. q. f. d.*

§. 103. REMARQUE.

J'ai dit que la chaleur eſtive, verſée de part & d'autre par le ſoleil, ſe conforme à la loi indiquée dans l'hypothèſe du §. 99, c'eſt-à-dire, 1°. que cette chaleur n'eſt pas verſée uniformément, mais 2°. qu'elle l'eſt d'une manière continue, & que 3°. dans toute la durée de ces deux ſources de chaleur, en leur ſuppoſant une origine commune, on ne peut trouver qu'un ſeul inſtant où l'incrément de l'une égale celui de l'autre.

Ce troiſième point ſeul peut, au premier coup-d'œil, cauſer quelques difficultés; mais on en reconnoîtra la néceſſité, en conſidérant l'uniformité & la reſſemblance de la cauſe qui

agit d'une part, & de la cause qui agit d'autre part, pour produire les incrémens de chaleur & leurs différences.

A l'origine, le soleil austral fournit jusqu'au milieu de son été des incrémens continuellement croissans, & constamment plus grands à un même instant que ceux du soleil boréal.

Du milieu de l'été austral jusqu'à sa fin, les incrémens du soleil austral diminuent constamment; ceux du boréal augmentent encore quelque tems; & (soit dans le cours de cet accroissement, soit après) il arrive un instant où l'incrément austral égale le boréal; car celui-ci subsiste après que l'autre est évanoui.

Dès cet instant d'égalité, il est impossible d'imaginer un autre instant où l'incrément austral égale le boréal; car le premier a des progrès de diminution plus rapides que le second, (peut-être même que celui-ci croît encore quelque tems tandis que l'autre décroît).

Ainsi, à tous égards, l'influence du soleil d'été austral & boréal est soumise à la loi de l'hypothèse du §. 99.

§. 104. Pour rendre cet effet sensible, on peut tracer deux courbes dont les aires repré-

sentent les chaleurs d'été versées par le soleil sur chaque hémisphère, & qui, ayant une commune origine & une même ligne des abcisses, présentent d'une manière intuitive le résultat des précédens raisonnemens.

La ligne *AB* est le tems employé par la terre à parcourir les six premiers signes, de l'équinoxe du bélier à celui de la balance, soit la durée de l'été boréal. Et les divisions marquées sur cette ligne par de petits traits *inférieurs* (entre lesquels se trouvent compris les six premiers signes) indiquent par leur longueur le tems employé à décrire chaque signe. *Fig.* 2.

De même, la ligne *AC* est le tems de la balance au bélier, soit l'été austral. Et les divisions indiquées par les traits *supérieurs* expriment le tems correspondant à chacun des six derniers signes.

Dans chaque courbe, la première ordonnée a été élevée à la fin de la première division. Et de l'une à l'autre courbe, le rapport de ces deux premières ordonnées a été fait inversément égal à celui des divisions auxquelles elles appartiennent. En sorte qu'on a $PO : po = Ap : AP$. Dans une seule & même courbe, les ordon-

nées aux extrêmités de chaque division ont été faites proportionnelles à la déclinaison du soleil à l'instant auquel elles correspondent (1).

Cette construction suppose 1°. que dans le cours d'un même signe du zodiaque, l'incrément de la chaleur solaire est constant, ou du moins croît & décroît uniformément. 2°. Que dans le cours d'un même été (soit austral, soit boréal), d'un signe à l'autre, cet incrément est proportionnel à la déclinaison du soleil.

Cela posé, il est clair que la chaleur versée par le soleil pendant l'été sera mesurée par l'aire de ces courbes; savoir, pour l'hémisphère austral par *AODiC*, & pour le boréal par *AodiB*.

Ces courbes n'ayant qu'un point d'intersection, *i*, n'auront qu'un incrément commun, *Ii*, Elles sont composées d'une partie commune *AodiC*, & de deux parties dissemblables, mais

(1) Toutes les quantités astronomiques ont été prises dans les Ephémérides de Berlin, soit *Astronomiches Iahrbuch de M. Bode pour* 1786. Suivant ces tables l'été boréal est de 186 $\frac{1}{2}$ jours, l'austral de 178 $\frac{3}{4}$. Les divisions ou mois astronomiques correspondans aux six premiers signes sont en jours comme les nombres 31, 31, 31, 31 $\frac{1}{2}$, 31, 31. Aux six derniers signes 30, 30, 30, 29, 29 $\frac{1}{2}$, 30. Telles sont les proportions que doit offrir la figure.

égales ; savoir, *AODidoA* = *CiB*. Tous les petits incrémens qui composent la première (laquelle appartient à l'hémisphère austral) sont placés dans le tems avant le point *I*, tandis que tous ceux qui composent la seconde (appartenante à l'hémisphère boréal) sont placés dans le tems après ce même point ; d'où résulte pour la première un plus long rayonnement, & par conséquent un plus grand épuisement.

Cette représentation, quoiqu'imparfaite, est propre à donner une idée approchée de la marche du phénomène. Lorsqu'on fait abstraction de la durée des saisons & de la distance au soleil, tous les élémens qui influent sur la chaleur solaire dépendent de la déclinaison du soleil, & ont en même tems que celle-ci leur origine, leur accroissement, leur maximum, leur décroissement & leur fin. Or la construction de la première ordonnée supplée à la considération de la distance & du tems (§. 93). Il suit de-là que si nous avions sous les yeux les vraies courbes des chaleurs solaires d'été australe & boréale ; elles s'entrecouperoient à-peu-près comme font celles-ci, c'est-à-dire,

à-peu-près à la même époque, & elle n'auroient pas d'autres points d'inflexion. Ce qui suffit à notre but.

§. 105. Ainsi l'hémisphère boréal acquerra, par l'influence du soleil, une chaleur rélative, constante, supérieure à celle de l'hémisphère austral (§. 102). Et cette chaleur acquerra de part & d'autre son maximum, résultant de l'équilibre entre les chaleurs entrante & sortante. Ensorte que leur état de température à cet égard sera précisément celui qui auroit lieu si ces hémisphères, détachés l'un de l'autre, décrivoient autour du soleil des orbites semblables, mais dont les distances moyennes fussent inégales, l'austral se trouvant un peu plus éloigné du foyer.

Cet effet nécessaire d'une cause mécanique bien reconnue, seroit très-considérable dans une planète dont l'excentricité seroit grande; mais il ne peut être nul dès qu'il y a quelqu'excentricité, quelque petite que soit cette quantité: & quant à notre terre, c'est un phénomène intéressant qui se lie à plusieurs branches de la philosophie naturelle, & qui peut être soumis au calcul, comme tous ceux qui dépendent des mouvemens des corps célestes.

CHAPITRE V.

Effet de la réunion des deux hémisphères.

§. 106. CECI suppose les hémisphères détachés & sans communication mutuelle. Corrigeant cette fausse supposition, on reconnoîtra que la différence de température entre les deux hémisphères ne pourra pas être sensible au thermomètre dans les lieux voisins de la limite qui les sépare. Car l'équilibre entre les températures voisines s'y établit sensiblement, 1°. par le rayonnement du feu; 2°. par les échanges lents & continuels du feu intérieur; 3°. par les grands mouvemens oscillatoires de ce feu intérieur lorsqu'il est très-condensé; 4°. par le mouvement des eaux; 5°. sur-tout par l'agitation de l'atmosphère; 6°. par l'influence de diverses causes locales agissant en divers sens, lesquelles n'étant point appréciées, & se mêlant à celle dont il s'agit, empêchent qu'on ne la distingue.

Ainsi les régions australes & boréales les plus éloignées entr'elles, c'est-à-dire, les ré-

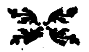
gions circonpolaires seront celles où la différence de température se fera le plus sentir.

Et dans les latitudes inférieures il y aura un certain parallèle où cette différence commencera à devenir sensible; en sorte que plus près de l'équateur elle ne le sera plus, plus loin elle ira en croissant.

La détermination de cette limite n'est pas à ma portée.

§. 107. En outre, l'effet que nous venons d'analyser est, pour les régions des zones torrides & tempérées, le résultat de la différence de deux causes contraires & continues, puisque le soleil d'hiver détruit en partie l'effet du soleil d'été (§. 102). Mais pour les zones polaires, une partie considérable de l'action du soleil d'été est sans aucune compensation, par l'absence absolue ou la discontinuité du soleil d'hiver.

C'est une nouvelle raison ajoutée à celle que je viens d'indiquer, pour faire présumer que le froid austral peut n'être sensible que dans les régions circonpolaires.



CHAPITRE VI.

De l'inégalité périodique de température rélative des deux hémisphères, ou de la température rélative des saisons dans chaque hémisphère.

§. 108. CONSIDÉRONS maintenant la chaleur rayonnante qui résulte de la chaleur propre de la terre, dans le but de déterminer son effet sur la chaleur rélative des hémisphères, en faisant abstraction de l'effet de la chaleur solaire.

Prémiérement, cette considération ne peut introduire aucune disparité dans la température moyenne des hémisphères. Car, supposant la chaleur primitive interne (quelle que soit son origine) égale de part & d'autre, la chaleur rayonnante est égale en tems donné (§. 16). Mais le tems étant, de part & d'autre, la durée même de l'année tropique, multipliée autant de fois qu'on voudra; cet élément ne peut introduire aucune inégalité constante.

§. 109. Il n'en est pas de même de la chaleur périodique & particulière à chaque saison. La

considération de la chaleur propre de la terre y fait découvrir une inégalité.

En effet, la chaleur rayonnante produite par la chaleur propre de la terre, étant dans chaque hémisphère proportionnelle au tems, & l'hiver austral étant plus long que le boréal à-peu-près dans le rapport de 373 à 357, le rayonnement d'hiver doit être plus grand dans cet hémisphère. Et par la même raison, le rayonnement d'été du boréal doit être plus grand selon le même rapport.

Il suit de-là que les températures des deux saisons boréales seront plus rapprochées que celles des australes.

Ainsi, faisant abstraction de l'inégalité croissante, l'été austral seroit plus chaud, & l'hiver austral plus froid que ces mêmes saisons boréales respectivement. Et l'inégalité constante étant reprise en considération, on peut dire que le rapport des températures d'été & d'hiver est plus grand dans l'hémisphère austral.

§. 110. Cette inégalité sera inégalement répartie & affectera inégalement les divers climats des deux hémisphères.

Près de l'équateur, par exemple, cette con-

ſidération ne peut guères avoir d'effet ſenſible. Les hivers, ou les ſaiſons froides n'y correſpondent pas aux moindres hauteurs ſolaires, & ne ſe diſtinguent preſque pas des ſaiſons chaudes par les mêmes élémens que dans les latitudes élevées.

CHAPITRE VII.

De la chaleur rélative des deux hémiſphères, modifiée par quelques conſidérations chimiques.

§. 111. J'AI conſidéré la chaleur comme une quantité : j'ai ſuppoſé les corps terreſtres indifférens à l'entrée ou à la ſortie de la chaleur ; je les ai enviſagés comme des eſpaces. Mais ces corps ſont différens par leur nature & leurs affinités avec la chaleur. Et une claſſe de ces affinités doit avoir quelque influence ſur les réſultats précédens. L'affinité que j'ai en vue eſt celle de liquidité & de vaporiſation, qu'on obſerve entre le feu & l'eau. Par l'effet de cette affinité, 1°. une même maſſe matérielle

à même température contient des quantités de feu fort différentes. 2°. Une même quantité de feu a besoin de plus de tems pour entrer dans un même corps que pour en sortir.

Appliquons ces deux considérations à l'objet présent.

§. 112. Une livre de glace à *zéro*, mêlée à une livre d'eau à 60° de RÉAUMUR, donne deux livres d'eau à *zéro*. D'où il suit que lorsqu'une livre d'eau à *zéro* passe à l'état de glace, elle donne la liberté à une quantité de feu latent suffisante pour élever de 60° la température d'une livre d'eau à *zéro*.

Lors donc que l'hiver des latitudes moyennes ou élevées agit sur de grandes masses d'eau & qu'il les convertit en glace, il se fait un grand dégagement de chaleur latente. Et cette chaleur devenue libre commence aussi-tôt à rayonner selon ses lois communes.

Cette chaleur rayonnante s'échappant de la terre est une perte additionnelle à celle que produit sans cesse le rayonnement moyen qui est l'effet de la chaleur propre de la terre ou de la chaleur qu'elle reçoit du soleil.

Si nous feignons que les eaux couvrent la

masse

masse entière du globe, il résultera de-là que les lieux où les hivers sont assez rigoureux pour produire de la glace, doivent pendant ces hivers perdre un peu plus de chaleur que ne le comporte la loi commune.

Et par conséquent le pole austral dont les hivers sont plus rigoureux devra être dans ce cas-là. A même latitude élevée il doit produire plus de glace. Et la latitude où commencent les glaces doit y être moins élevée. Il doit donc y avoir en hiver une plus grande perte de chaleur. Et cette perte additionnelle est sans compensation, malgré la plus grande chaleur d'été. Car pour que la compensation eût lieu, il faudroit que le feu de liquidité, sorti au moment où la glace s'est formée, pût rentrer dans cette glace pour la résoudre en eau; mais cette chaleur devenue libre a rayonné, & par conséquent elle a subi quelque diminution.

Cette cause doit donc rendre l'hémisphère austral plus froid à même latitude, dès qu'on atteint celles où il se forme de la glace pendant l'hiver.

§. 113. Ce que j'ai dit du feu de liquidité s'applique aisément au feu de vaporisation. Si

l'on ſuppoſe l'atmoſphère tranquille & immobile, les vapeurs aqueuſes qui ſe condenſeront par le froid laiſſeront échapper leur feu de vaporiſation. Et ce feu devenu libre & rayonnant opérera une perte de même genre que la précédente, & qui tendra à réfroidir rélativement l'hémiſphère auſtral dans toutes les latitudes où le froid de l'hiver produit quelque condenſation de vapeurs.

Mais cette cauſe eſt tellement troublée par l'agitation de l'atmoſphère & par d'autres cauſes accidentelles mal déterminées, qu'on ne peut lui aſſigner cet effet qu'avec défiance.

§. 114. Une maſſe d'eau aſſez conſidérable ſe gèle tout-à-coup, ou du moins dans un inſtant ſenſiblement indiviſible. Une maſſe de glace, quelque petite qu'on la ſuppoſe, expoſée au feu le plus ardent, ne ſe dégèle que ſucceſſivement; & lorſque la chaleur n'eſt pas exceſſive, le dégel ſe fait même très-lentement. De l'eau très-tranquille, contenue dans un vaſe, & maintenue quelques inſtans au-deſſous de zéro, conſerve ſa liquidité. Mais à l'inſtant où on lui cauſe une légère ſecouſſe l'eau gèle en grande partie toute à la fois, & bientôt

même jusqu'au fond du vase. Qu'on use de tous les moyens qu'on voudra pour lui rendre sa liquidité, il faudra toujours un tems sensible pour opérer ce retour à son ancien état, il faudra que chaque enveloppe de glace, pour ainsi dire, fonde l'une après l'autre, avant qu'il parvienne au centre une portion de feu suffisante pour le convertir en eau. Ainsi le feu de liquidité sort plus vîte de l'eau qu'il n'y entre. Et il en est de même du feu de vaporisation.

Je conçois qu'il faut du tems aux molécules de l'eau pour s'unir à celles du feu & les tenir captives, ou qu'il faut un certain tems au feu pour détruire l'aggrégation ou la crystallisation de l'eau. Et sans-doute qu'il ne faut qu'un instant aux molécules de l'eau pour s'unir & crystalliser entr'elles, ou que l'union du feu à l'eau est très-foible & se rompt très-vîte.

C'est un fait que je ne prétends pas expliquer, mais bien appliquer à notre sujet.

§. 115. Supposons maintenant un climat tel que l'été suffise précisément à la fusion des glaces d'hiver. Si l'on ajoute sept jours à l'hiver & qu'on les retranche à l'été, & qu'en même tems on rende l'hiver plus froid, l'été

plus chaud en même rapport ; il paroît que l'été ne suffira plus à la fusion des glaces. Il y aura bien la quantité de feu nécessaire pour produire cet effet ; mais il manquera du tems.

Voilà donc, à ce qu'il paroît, une nouvelle raison pour que le climat où les glaces sont permanentes, se trouve d'une latitude moins élevée dans l'hémisphère austral que dans le boréal.

Et il en seroit de même du climat où l'hiver condense autant de vapeurs aqueuses que l'été en forme, si l'agitation de l'atmosphère ne troubloit ces opérations.



CHAPITRE VIII.

De la chaleur rélative des deux hémisphères, modifiée par une considération géographique.

§. 116. J'AI supposé le globe terrestre couvert d'eau en entier ; il est tems de corriger cette supposition.

L'océan couvre les régions circonpolaires

auſtrales plus que les boréales : « car, com-
» me l'obſerve M. DE BUFFON (1), les
» continens . . . . s'étendent juſqu'au 70e degré
» & au-delà vers le pole arctique, tandis que
» dans les régions auſtrales il n'exiſte aucune
» terre depuis le 50e, ou même le 45e degré
(à de légères exceptions près) . . . . » en ſorte
» que cette grande zône auſtrale eſt entière-
» ment maritime & aqueuſe, & la boréale
» preſqu'entièrement terreſtre ».

§. 117. Il réſulte de là, que la quantité de glace qui s'y peut former eſt plus conſidérable. Et puiſque la formation de la glace occaſionne une perte de chaleur (§. 112); cette perte par là même doit y être plus grande.

On pourroit appliquer ceci à la condenſation des vapeurs, (néceſſairement plus efficace là où elles abondent), ſi l'atmoſphère n'en troubloit l'effet.

La conſidération du tems néceſſaire pour fondre la glace, lequel eſt plus grand que celui qu'il faut pour la former (§. 114), eſt auſſi d'un plus grand poids en raiſon de la quan-

(1) *Hiſt. nat. Suppl. T. X. in-8°. p.* 361.

tité d'eau qui donne lieu à la formation d'une plus grande quantité de glace.

§. 118. La plus grande étendue des mers paroît auſſi devoir produire du réfroidiſſement par l'excès d'évaporation qui en eſt la ſuite, même indépendamment de la perte qui réſulte de l'augmentation de la chaleur rayonnante. Il eſt vrai que le feu enlevé à l'eau par la vaporiſation reſte dans l'atmoſphère, d'abord latent, puis libre lorſque le froid (ou telle autre cauſe) condenſe les vapeurs. Mais l'agitation de l'atmoſphère répand, par les courans qui s'y forment, ces vapeurs & ce feu de côté & d'autre; en ſorte que les lieux qui en fourniſſent le plus à ce commun réſervoir où il va ſe diſperſer, ſont auſſi ceux qui s'en trouvent enfin le plus dépouillés.

§. 119. Telles ſont les nouvelles modifications qu'apporte à la chaleur rélative des deux hémiſphères la circonſtance géographique que j'ai remarquée.

Cette remarque n'eſt pas nouvelle. Mais les conſéquences qu'on en a tirées diffèrent entr'elles, & ne s'accordent pas avec celles que je viens de déduire.

Avant que le pole auſtral eût été ſuffiſamment reconnu, M. ÆPINUS s'étoit occupé de ce ſujet. Il avoit d'abord examiné l'effet de la plus ou moins grande étendue des mers ſur la température des terres qu'elles entourent. Et remarquant que des îles aſſez voiſines du pole, telles que l'Islande, jouiſſent d'une température plus douce que leur latitude ne ſemble le comporter, & qu'il en eſt à-peu-près de même des rivages ſeptentrionaux de la mer atlantique ; il s'étoit perſuadé que le voiſinage de l'océan ſervoit à tempérer le froid : « car, » diſoit-il, l'expérience atteſte, que plus un » pays eſt voiſin de l'océan, plus ſes hivers » ſont tempérés, & que plus il eſt enfoncé » dans le vaſte continent qui conſtitue les pro» vinces Ruſſes de l'Aſie ſeptentrionale, plus » il éprouve des froids rigoureux ».

Recherchant la cauſe de ce phénomène, il s'arrête à celle que paroît lui fournir l'agitation des eaux de l'océan. Non qu'il imagine que cette agitation ſoit une cauſe de chaleur abſolue ; mais parce qu'elle doit mêler ſans ceſſe les eaux du fond avec celles de la ſurface, & que le froid d'un hiver ne pénè-

tre pas jusqu'à la profondeur des grandes vagues de l'océan.

Partant de ce fait une fois admis, que le voisinage des mers tempère le froid des terres ; il en fait l'application, avec de sages réserves, au phénomène du froid austral. « Les » effets de la nature, dit-il, sont le plus sou» vent compliqués. Ainsi, quoique j'aie décou» vert ci-devant une cause que je puis sans » témérité envisager comme assez probable (1), » qui rend l'hémisphère boréal de la terre » constamment plus chaud que l'austral ; il » me paroît que je ne dois point encourir de » blâme, pour penser que d'autres causes » peuvent concourir avec celle-là pour pro» duire le même phénomène. Les régions polai» res arctiques étant couvertes des eaux de » l'océan, supposons que le pôle austral, » dont aucun navigateur n'a pu encore appro» cher, soit entouré d'un vaste continent. J'ose» rois bien affirmer, qu'une conséquence néces» saire de cet ordre de choses, seroit que les » hivers de l'hémisphère austral dans les régions

(1) J'ai discuté cette cause, à laquelle M. ÆPINUS fait allusion, aux §§. 89 & 96 ci-dessus.

» circonpolaires, ſeroient plus rigoureux que » ceux de l'autre hémiſphère (1) ».

§. 120. Le pole auſtral ayant été bien reconnu par M. COOK, depuis l'époque à laquelle écrivoit ce phyſicien, la conjecture qu'il sembloit former ici ſur l'exiſtence d'un continent auſtral a été abſolument détruite, &, comme je l'ai dit ci-deſſus, il a été conſtaté que la mer occupe une beaucoup plus grande partie des régions auſtrales que des boréales (§. 118). M. FORSTER père profitant de l'avantage que lui donnoient ces nouvelles connoiſſances géographiques, en fit auſſitôt l'application à la chaleur rélative des deux hémiſphères de la terre. Et il partit d'un principe directement oppoſé à celui qu'avoit adopté M. ÆPINUS. Celui-ci penſoit que la mer tempère le froid. M. FORSTER cherche à établir que la mer augmente le froid, ou du moins tempère la chaleur.

« La mer, dit-il, étant un corps tranſparent les rayons du ſoleil y pénètrent fort » avant; mais à environ 271 pieds anglois,

(1) *Cogitationes de diſtributione caloris per tellurem.*

» les faisceaux de lumière ne passent pas plus » loin, & à cette profondeur l'eau de la mer » devient parfaitement opaque. Par-tout donc » où il n'y a point de fond à 45 brasses, » la mer ne réfléchit aucun rayon du so- » leil : ils sont tous absorbés dans l'océan : » & comme la réflexion de ces faisceaux » contribue sur-tout à la chaleur de la tem- » pérature de l'air, il s'ensuit que sur les » mers d'une grande étendue, qui ont com- » munément 48 brasses de profondeur, la » température de l'air n'est jamais aussi chaude » que sur les terres placées aux mêmes paral- » lèles ; c'est pour cela encore que les îles » d'une médiocre grandeur, environnées d'un » grand océan, ne sont pas aussi chaudes que » les grands continens qui se trouvent sous le » même parallèle. J'ajouterai que le foyer du » miroir ardent dirigé sur de l'eau, ne pro- » duit point de chaleur, tandis qu'à ce foyer » toute espèce de métal se fond à l'instant, » se vitrifie & s'évapore (1) ».

M. FORSTER applique ce principe au froid

(1) *Voy. de* COOK *&* FORSTER *T. V. de la trad. françoise in-4°. p.* 89.

auſtral, & l'ajoute à la conſidération de la plus longue durée des ſaiſons froides dans cet hémiſphère.

§. 121. Il ne peut y avoir d'oppoſition plus directe que celle qui ſe trouve entre les ſentimens de ces deux phyſiciens, touchant l'effet de la mer ſur la température des terres qu'elle avoiſine. L'un établit qu'elle échauffe, l'autre qu'elle réfroidit, & chacun d'eux allégue des preuves phyſiques & géographiques.

Sans entrer dans la diſcuſſion de ces aſſertions, j'obſerverai que ni l'une, ni l'autre, des cauſes alléguées par ces auteurs ne me paroît applicable au phénomène du froid auſtral.

Dans tous les lieux où l'on obſerve, on trouve la température des caves profondes non-ſeulement analogue, mais égale à la température moyenne de la ſurface terreſtre. Par conſéquent, ni le mêlange des eaux profondes, ni l'abſorption des rayons ſolaires à une grande profondeur ne peut changer l'état de la température moyenne. Ces circonſtances peuvent avoir des effets momentanées; elles peuvent diminuer ou accroître le froid en certaines ſaiſons, mais non dans un long cours

d'années : parce que pendant ce long tems, soit que le mêlange des eaux du fond s'opère ou ne s'opère pas, soit que l'absorption des rayons solaires se fasse au fond ou la surface, la chaleur entre le fond & la surface a le temps de se mettre en équilibre, & la température moyenne qui en résulte ne varie pas.



CHAPITRE IX.

Suite.

§. 122. TOUT ceci, écrit avant que j'eusse connoissance de l'ouvrage de M. KIRWAN sur *la température des différentes latitudes*, se trouve si heureusement confirmé par les recherches de cet ingénieux physicien, que je ne dois pas négiiger d'indiquer ici ces rapports.

Après une discussion très-profonde sur l'influence de l'eau pour modifier la chaleur du climat, discussion dans laquelle la théorie & l'observation sont liées, mais qui est essentiellement fondée sur une suite de faits aussi

certains que bien analyſés, l'auteur arrive à cette concluſion (1).

« Abſtraction faite des circonſtances que je » vais indiquer, la terre prend en été 8 ou » 10 degrés de chaleur de plus que la mer, » & elle eſt de 8 ou 10 degrés plus froide » en hiver, à la même latitude (2) ».

On voit donc que l'eau ne modifie point le climat d'une manière permanente & ſéculaire, mais ſeulement d'une manière périodique. Voilà le fait général. Voyons maintenant les circonſtances particulières, dont l'auteur a dit qu'il faiſoit ici abſtraction, & qu'il traite enſuite

(1) *An eſtimate of the temper. of diff. latit. p.* 40. Au nombre des faits principaux ſur leſquels cette concluſion eſt fondée, ſont les expériences de HALES ſur la température comparée de l'air & du terrain. Ces expériences ont été repriſes avec plus de ſuite, & avec des inſtrumens plus parfaits par M. F. G. MAURICE, dont les obſervations météorologiques offriront, lorſqu'il les publiera, un recueil précieux en ce genre. Une partie de celles qui ſont rélatives à la température du terrain juſqu'à une certaine profondeur, a été publiée dans le *Journal de Genève in*-4°. *année* 1790. *N°*. 9. M. SENEBIER a fait récemment une application bien intéreſſante de ces obſervations à la réſiſtance que les plantes oppoſent aux froids rigoureux de l'hiver. *Journal de Phyſique*, *Mars* 1792, *p.* 175.

(2) Il s'agit ici, & dans tout ce que je cite de M. KIRWAN, des degrés de FAHRENHEIT.

avec beaucoup de soin & de détail. Entre ces circonstances, il en est deux qui n'ont pas de rapport à l'eau, & dont par cette raison je ne fais pas mention, savoir l'élévation du sol, & le voisinage des montagnes & des forêts. Quant au voisinage de l'océan que l'auteur nomme *standard ocean*, (c'est-à-dire, de cette partie de l'atlantique & de la mer pacifique, qui est la moins exposée aux causes accidentelles, & dont la situation offre un *étalon* commode pour servir de point de comparaison), voici comment se manifeste son influence.

Pour chaque 50 milles anglois de distance d'un lieu à *l'océan qui sert d'étalon*, il faut compter le changement de température moyenne annuelle qu'exprime la table suivante.

Du 70° de latit. au 35°. réfroidi de $\frac{1}{3}$ de degré.
35° ———————— $\frac{1}{9}$
30° ———————— 0
25° ———— réchauffé de $\frac{1}{5}$
20° ———————— $\frac{1}{3}$
10° ———————— 1

En général dans l'espace compris en latitude dans cette table dans l'hémisphère boréal,

ſur lequel ſeul elle a été faite pour les latitudes élevées, la mer ne gèle point. Dans la table de *la chaleur moyenne menſtruelle de l'océan ſervant d'étalon* (1), on voit qu'au 60° de latitude, la température, dans aucun mois de l'année, n'eſt plus baſſe que le 33° degré de Fahrenheit, c'eſt-à-dire, qu'elle eſt conſtamment au-deſſus du terme de la congélation de l'eau douce. Et du 60° au 70° de latitude, en aucun mois la température ne baiſſe au-deſſous du 27° de Fahrenheit. Au 70° de latitude enfin, la température n'eſt au-deſſous de 32° de Fahrenheit que quatre ou cinq mois de l'année.

J'obſerve en outre que dans cet intervalle de 10° de latitude, depuis 60° à 70°, la table a dû être principalement dreſſée par théorie, vû que les obſervations d'hiver ſur mer, & les obſervations exactes ſur terre à de grandes diſtances du rivage, ſont moins communes à meſure qu'on avance vers les hautes latitudes; & c'eſt ce qu'inſinue M. KIRWAN, ſoit en préſentant cette table aux phyſiciens

(1) *Eſtim. of. temp. of diff. lat. p.* 23.

avec une franchise digne d'être imitée, soit en ajoutant à la suite de cette table cette explication remarquable. « Quoique le soleil » soit absent un mois entier à la latitude de » 67°, & deux mois à celle de 70°, &c. » toutefois j'ai hasardé de fixer la chaleur » moyenne de Janvier au 70° de latitude pas » plus bas que 27°, parce qu'à Wadso, latitude » 70°,5, on ne voit jamais la mer geler, » & sa température aux environs de Noël est » de 32°, quelquefois au-dessus, quelquefois » au dessous ». M. KIRWAN ajoute à cette observation, d'autres raisons qui confirment son opinion touchant la température modérée de cette mer dans les hautes latitudes. Et il indique ailleurs la vraie cause de cette chaleur supérieure que la mer conserve pendant l'hiver, cause dont M. ÆPINUS avoit approché, mais qui se trouve ici développée avec beaucoup de clarté : c'est principalement l'inégale densité des couches supérieures & inférieures des eaux, qui force les couches chaudes du fond à remplacer celles de la surface à mesure que le froid les condense. Il se pourroit aussi que (de même qu'on l'observe dans l'air)

l'air) les courans généraux s'établiſſent en bas du froid au chaud, en haut du chaud au froid, ce qui raméneroit ſans ceſſe à la ſurface, dans les latitudes élevées, des eaux échauffées par le ſoleil. Enfin l'élévation du ſol, eſt une cauſe de froid toujours ſubſiſtante.

Quoiqu'il en ſoit, M. KIRWAN ayant établi clairement que (en exceptant certains hivers rigoureux) la mer ne gèle point au-deſſous du 60° de latitude, & ayant rendu probable qu'elle gèle bien peu au-deſſous du 70° de latitude ; & ce même auteur ayant fixé au 35° de latitude, la limite à laquelle il commence à ſe former ſur terre de la glace pendant l'hiver, dans les terrains médiocrement élevés (1) : on ne doit pas être ſurpris que du 35° au 70°, la terre ſoit (d'après nos principes) un peu plus réfroidie que la mer, & que cette différence ſe manifeſte toujours plus à meſure qu'on s'éloigne davantage du rivage qni ſépare la mer du continent. Les eaux douces qui abreuvent les terres, en gelant chaque année, augmentent les rigueurs de l'hiver (§. 112).

(1) *Ibid.* p. 19.

Les glaces & les neiges entassées, en fondant lentement, les prolongent (§. 114).

Il est bien vrai que l'évaporation étant plus grande sur la surface aqueuse doit y augmenter le froid rélatif, & combattre jusqu'à un certain point l'effet de la cause que je viens d'indiquer (§. 118). Mais on conçoit aisément qu'il peut y avoir excès de l'une sur l'autre, & c'est cet excès que donne l'observation.

Au 30° de latitude ces deux causes sont insensibles; il ne se forme plus de glace dans les terres médiocrement élevées (1), l'évaporation agit seule, & son action, dans les lieux où l'on a observé est exactement balancée par le peu de glace des lieux très-élevés, ou bien les observations desquelles ce résultat moyen est tiré se compensent, ou bien enfin les circonstances de l'élévation du sol & de la distance à l'*océan servant d'étalon* n'ont pu être exactement séparées, comme on peut hasarder de l'inférer des expressions de l'auteur à ce sujet. « Il paroît, dit-il, que du 70° de » latitude au 30° l'élevation & la distance

(1) *Ibid.*

» conſpirent pour produire le même effet, » c'eſt-à-dire, pour abaiſſer la température » annuelle; on ſeroit tenté de ſuppoſer en » conſéquence que leur effet réuni doit être » le produit de l'une & de l'autre cauſe; mais » comme l'effet de l'élévation eſt juſqu'à un cer» tain terme compliqué avec celui de la diſtan» ce, ſavoir lorque l'élévation eſt moindre que » ſix pieds par mille; je trouve plus conforme » à l'obſervation d'additionner les effets de la » diſtance & de l'élévation l'un à l'autre ».

Et il ajoute, en continuant de réſumer les réſultats de la table ci-deſſus: « Dans les lati» tudes au-deſſous de 30°, l'élévation & la » diſtance de *l'océan qui ſert d'étalon* en gé» néral ſe combattent mutuellement, & par » cette raiſon l'effet de l'une doit être *ſouſtrait* » de l'effet de l'autre ».

C'eſt donc vers les 30° de latitude que l'effet de la diſtance a paſſé dans les calculs de M. Kirwan de l'état poſitif à l'état négatif. On conçoit aiſément que dans la réduction des obſervations aux environs de cette latitude, cet élément a dû paroître nul.

Du 30° au 10° de latitude la glace n'exiſte

plus, même l'hiver, si ce n'est à la hauteur de 11592 pieds anglois (1), & par conséquent on peut bien compter son influence sur le réfroidissement général du sol comme nulle. Cette cause étant ainsi supprimée, l'évaporation agit seule, & l'on doit s'attendre à trouver son effet toujours croissant en avançant vers les latitudes chaudes (§. 23). Dans nos climats l'évaporation d'été est à-peu-près quadruple de celle d'hiver (2) (sans nous arrêter à d'autres raisons dont quelques-unes se trouvent indiquées à l'endroit que je cite). Et comme dans les latitudes hautes, entre 35° & 70° de latitude, deux causes se combattoient dont nous n'observions que la différence, (causes qui ne sont pas fort éloignées de l'égalité dans leurs diverses périodes & qui s'égalisent vers le 30° de latitude); il est naturel de présumer que l'effet sera plus sensible lorsqu'une cause agira seule. Et c'est aussi ce qui s'observe dans la table précédente, où l'évaporation produit jusqu'à 1° thermométrique de différence vers le 10° de

(1) *Ibid.* p. 9.
(2) *Ibid.* p. 12.

latitude ; tandis que l'effet de la glace, diminué de celui de l'évaporation, ne s'élève pas à plus d'un tiers de degré thermométrique dans les latitudes hautes.

§. 123. Ne faut-il point modifier par ces conſidérations là, tirées preſqu'immédiatement de la table même de M. Kirwan, l'aſſertion ſuivante qu'on lit dans ſon ouvrage? « Les îles » étant entourées de la mer participent plus » à ſa température & ſont par conſéquent » *plus chaudes* que les continens » (1). Ne faut-il point lire *plus tempérées*; c'eſt-à-dire, plus chaudes en hiver, moins chaudes en été? Ou ne doit-on point reſtreindre l'aſſertion aux îles ſituées au-deſſus du 35e. parallèle? En un mot, ne faut-il pas avoir égard au principe & à la table que nous venons d'analyſer?

Si j'examine la température des îles qui eſt donnée par réſultat d'obſervations dans l'ouvrage de M. Kirwan, j'y trouve de quoi fortifier ce ſoupçon. A Madère la température moyenne obſervée eſt de 68°,6. Celle de l'*océan ſervant d'étalon* à cette latitude eſt 68°,9.

---

(1) *Ibid. p.* 46.

A Londres la température est exactement ce qu'elle doit être ; à Edimbourg l'observée est 47,7, celle de l'*étalon* 47,5. Aux îles Falkland la température est beaucoup au-dessous de l'*étalon*. Manille est de 2° moins chaude que son *étalon*. Je ne vois entre les îles indiquées que Saint-Domingue dont la température soit sensiblement plus haute que son *étalon*, en s'en rapportant à l'estimation de M. BLAGDEN qui la fixe à 81° ; tandis que l'*étalon* ne donne que 78°,3. Je vois cependant que M. HUNTER fixe à 80° la chaleur des puits à Kingston dans la Jamaïque (1). Si l'on s'en tenoit à cette estimation pour Saint-Domingue, il y auroit encore 1°,7 de trop. Mais Saint-Domingue étant une île très-grande, & sous cette latitude la terre s'échauffant à raison de 1° par 50 milles de distance à la mer, ne pourroit-il point se faire que cette cause y influât sensiblement ? Ou bien n'y a-t-il point ici quelque cause locale ?

En examinant ces résultats, je crois qu'on peut conserver quelque doute sur la chaleur des îles. Personne ne peut mieux que M. KIRWAN le dissiper entiérement.

(1) *Transf. phil.* 1788.

§. 124. Sans insister sur ce fait particulier, il est important de faire remarquer une conséquence de la proposition établie par M. Kirwan touchant l'effet de la mer sur la température périodique du climat.

Le pole austral étant beaucoup plus recouvert par la mer que le boréal, les îles & les extrêmités des terres y doivent plus participer de la température des eaux; on doit donc s'attendre à y trouver les étés moins chauds & les hivers en proportion moins rigoureux qu'ils ne devroient être (§. 122), & cette circonstance peut masquer l'effet de l'influence solaire à cet égard dans les climats où l'océan ne gèle pas. Ainsi la température périodique des deux hémisphères qui, par une raison précédemment déduite (§. 109), devoit produire dans l'austral des hivers plus froids & des étés plus chauds, devra, par la raison actuelle, produire dans les mêmes climats précisément l'effet opposé. Et l'observation donnera la différence de ces deux causes, sur l'intensité absolue ou rélative desquelles nous ne sommes en état de rien affirmer d'avance.



CHAPITRE X.

Correction indiquée par l'hypothèse de la composition de feu.

§. 125. J'AI traité ce ſujet d'une manière abſtraite & ſans aucun égard à l'hypothèſe phyſique de la compoſition du feu. Je vais indiquer en peu de mots l'effet que me paroît devoir produire ſur les réſultats précédens la conſidération de cette hypothèſe.

Le phénomène général, conçu ſelon ces nouveaux principes, eſt celui-ci. Les deux hémiſphères reçoivent d'égales quantités de lumière. L'auſtral en recevant la plus grande partie l'été, arrive plus chaud à l'équinoxe d'automne. Mais dans ſon long hiver il perd tant de lumière rayonnante, qu'il s'épuiſe au-delà de l'excès qu'il avoit acquis, & arrive au point de départ plus froid que le boréal.

§. 126. Maintenant, ſi dans les grandes chaleurs d'été la *matière* ou baſe du feu eſt déficiente, ou ſi la condenſation nuit à la formation de cette vapeur, le rayonnement de ſon

déférent sera augmenté de toute la quantité qui demeurera libre & sans emploi. Et plus l'irradiation lumineuse sera abondante en cette saison, plus la perte occasionnée par cette circonstance sera considérable. D'où il suit que, sans égard à toutes les considérations précédentes, l'austral sera réfroidi. Car il devoit se pourvoir l'été pour l'hiver : & voilà une cause qui borne ses provisions & les réduit à ne pas passer certaines limites, que le boréal peut atteindre aussi bien que lui. Ainsi la correction tend à confirmer mon résultat général & à le rendre plus sensible.

§. 127. Mais il est un résultat particulier fort important qu'elle confirme encore, c'est que la différence de température de l'un à l'autre hémisphère ne sera guères sensible que dans les hautes latitudes. Car aux latitudes équatoriales, la chaleur étant presqu'uniforme & constante, on peut supposer que toute la matière du feu qui peut s'unir à la lumière y est perpétuellement employée.

Telles sont les remarques que me fournit l'hypothèse physique que j'ai cru devoir prendre en considération. J'ai d'ailleurs raisonné d'une

manière générale, soit pour affermir ma marche en lui donnant le calcul pour base, soit aussi pour satisfaire les physiciens qui n'ont pas adopté cette hypothèse avec autant de confiance que je me sens disposé à le faire.



CHAPITRE XI.

Résumé des causes qui doivent influer sur la température rélative des deux hémisphères de la terre.

§. 128. Y a-t-il une cause mécanique de différence constante entre les températures australe & boréale ?

J'ai répondu affirmativement à cette première question. J'ai réfuté les opinions de ceux qui attribuoient cette différence à quelqu'inégalité dans la quantité de chaleur solaire reçue par l'un & l'autre hémisphère. J'ai fait voir que cette différence provient de l'inégalité qui a lieu dans la quantité de chaleur rayonnante que ces hémisphères émettent en tems donné. Et j'ai montré comment cette

inégalité réſulte néceſſairement de l'inégale diſtribution des quantités égales de chaleur ſolaire qui leur ſont départies annuellement.

§. 129. Y a-t-il une cauſe mécanique de différence périodique entre les températures auſtrale & boréale ? Le rapport de l'été à l'hiver doit-il différer, dans les deux hémiſphères aux mêmes latitudes ?

J'ai encore répondu affirmativement à cette ſeconde queſtion. Et laiſſant les fauſſes opinions de ceux qui attribuoient cette différence à quelqu'inégalité dans la chaleur ſolaire, j'ai prouvé qu'elle doit réſulter du rayonnement que produit la chaleur propre & permanente de la terre.

§. 130. J'ai indiqué enſuite des cauſes chimiques qui augmentent l'effet des cauſes mécaniques précédentes, ſavoir :

1°. L'excès de rayonnement produit par la formation de la glace, (& par la condenſation des vapeurs).

2°. L'excès de tems pour réſoudre la glace en eau (ou l'eau en vapeurs).

§. 131. J'ai mentionné enfin une cauſe géographique bien connue (l'excès des eaux),

comme devant augmenter l'effet des causes chimiques indiquées ci-dessus. Je l'ai envisagée aussi comme enlevant par l'évaporation plus de feu aux régions australes. Et j'ai réfuté les opinions contradictoires de quelques physiciens sur la manière d'agir de cette cause.

Profitant ensuite des résultats les plus certains de l'observation qui font envisager la mer comme tempèrant également les étés & les hivers dans les climats où elle ne gèle pas, j'ai fait remarquer que cette cause étoit opposée à celle qui influe mécaniquement sur la température périodique, & que la différence de ces deux actions opposées ne pouvoit être appréciée d'avance.

§. 132. Toutes ces causes du froid austral ont été trouvées plus actives dans les latitudes élevées, & quelques-unes absolument nulles dans les latitudes inférieures.

§. 133. L'hypothèse de la composition du feu, confirme ces résultats & les rend plus sensibles.

Consultons maintenant l'expérience.



CHAPITRE XII.

De la chaleur rélative des deux hémiſphères donnée par l'obſervation.

§. 134. L'HÉMISPHÈRE auſtral eſt-il plus froid que le boréal ?

Au milieu du ſiècle M. DE BUFFON répondoit négativement à cette queſtion. « Les » navigateurs prétendent, diſoit-il, que le » continent des terres auſtrales eſt beaucoup » plus froid que celui du pole arctique, mais » il n'y a aucune apparence que cette opi- » nion ſoit fondée (1) ».

M. DE MAIRAN, écrivant peu d'années après cette époque, adoptoit le ſentiment de M. DE BUFFON à cet égard. « Que doit-on » penſer, dit-il, de l'opinion communément » reçue ſur ce ſujet & de ces froids exceſſifs » de l'hémiſphère auſtral, que quelques navi- » gateurs s'accordent à exagérer, en compa- » raiſon de ceux qu'on éprouve dans le boréal ?

(1) *Théorie de la terre. Hiſt. natur. in-8°. T. I. p.* 312. La première édit. de cet ouvrage parut en 1749.

» C'est un préjugé moderne qu'on peut met-
» tre à côté de celui des anciens sur la zône
» torride, comme sur les polaires, & dont
» on commence aussi à revenir de même depuis
» qu'il a été discuté. Je m'en rapporte donc
» à ce qu'en ont dit M. DE BUFFON, dans
» son *Histoire naturelle*, & M. le président
» DE BROSSES, dans son *Histoire des naviga-*
» *tions australes*, où ils sont entrés dans cette
» discussion (1) ». Il s'étaie dans son senti-
ment sur quelques relations qui ne méritent
plus aujourd'hui de nous occuper.

§. 135. A l'époque de la publication du second *Voyage de COOK*, tous les doutes furent dissipés. Et M. DE BUFFON ne fut pas le moins empressé à se rendre à l'évidence, quoiqu'il ne fasse point une rétractation formelle, & qu'il paroisse suivre la trace de ses anciennes opinions, alors même qu'il les réforme. S'appropriant donc les remarques faites par les savans navigateurs qui accompagnèrent M. COOK dans ce voyage, il donna dans les *Supplémens* de son *Histoire naturelle*, une carte exacte de

(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris pour* 1765, *p.* 230.

toutes les connoiſſances acquiſes ſur les régions polaires arctiques & antarctiques, & en développa les réſultats.

Il fit voir que les glaces, qui au nord n'occupent qu'environ 9 degrés depuis le pôle, s'étendent au ſud juſqu'à 18 ou 20 degrés, « puiſque COOK, le plus grand de tous les » navigateurs, ayant fait le tour preſqu'entier » de cette zone auſtrale, a trouvé par-tout » des glaces, & n'a pu pénétrer nulle part » au-delà du 71ᵉ degré, & cela dans un » ſeul point au nord-oueſt de l'extrêmité de » l'Amérique : les appendices de cette immenſe » glacière du pole antarctique, s'étendent » même juſqu'au 60ᵉ degré en pluſieurs lieux, » & les énormes glaçons qui s'en détachent, » voyagent juſqu'au 50ᵉ & même juſqu'au » 48ᵉ degré de latitude en certains endroits ».

Il obſerve ſur un eſpace de 10 degrés de longitude occidentale, & de 35 de longitude orientale, formant en tout 45 degrés de longitude, que dans cette portion auſtrale du globe, « tout l'eſpace entre le 50ᵉ & le 60ᵉ degré de » latitude eſt rempli de glaces briſées, dont » quelques-unes forment des îles d'une gran-

» deur considérable ; on voit que, sous ces » mêmes longitudes, les glaces deviennent en- » core plus fréquentes & presque continues » aux 60e & 61e degrés de latitude ; & enfin, » que tout le passage est fermé par la conti- » tinuité de la glace aux 66e & 67e degrés, » où M. COOK a fait une autre pointe, & » s'est trouvé forcé de retourner pour ainsi » dire sur ses pas ; en sorte que la masse con- » tinue de cette glace solide & permanente » qui couvre le pole austral, s'étend dans ces » parages jusqu'au-delà du 66e degré de lati- » tude (1) ».

Cet auteur ne néglige pas de faire remarquer que les méridiens sous lesquels ces glaces s'avancent le plus, sont ceux où il y a une plus vaste mer ouverte devant elles, & où les terres sont le plus éloignées. Et cette remarque paroît conforme à la vérité.

§. 136. Lorsque M. DE BUFFON développoit ces observations, il avoit sans doute connoissance de celles de même genre, qu'avoit faites M. FORSTER père, qui avoit vu de ses yeux

(1) *Hist. nat. Suppl.* T. X. in-8°. p. 356.

yeux tous ces phénomènes, & en avoit bien déduit toutes les conſéquences.

« Si on compare, dit ce ſavant voyageur, » les obſervations météorologiques raſſemblées » aux îles Falkland, par environ 51° de lati- » tude ſud, & publiées par M. DALRYMPLE, » dans ſa *Collection des voyages dans la mer* » *du ſud*, avec celles qu'on recueille par-tout » en Europe dans les degrés de latitude cor- » reſpondans de l'hémiſphère ſeptentrional ; » ſi on conſidère qu'à la Terre de feu, à la » Terre des Etats & à la Géorgie auſtrale » du 54° au 56° de latitude ſud, à la terre » de Sandwich, par environ 58° & 59° de » latitude ſud, tout le ſol eſt couvert d'une » neige éternelle juſqu'aux rivages de la mer ; » dans les mois de Décembre & de Janvier, » qui répondent à nos mois de Juin & de » Juillet, un lecteur ſans prévention jugera » que la température de l'hémiſphère auſtral » doit être beaucoup plus froide que celle de » l'hémiſphère du nord : perſonne déſormais » ne peut révoquer en doute cette vérité (1) ».

(1) *Voy. de* COOK *&* FORSTER, *T. V in*-4°. *p.* 87. *de la traduction françoiſe.*

§. 137. Je terminerai ces citations par la description de ces climats glacés qu'on trouve dans la relation même de ce voyage, en supprimant ce qui contient des vues hypothètiques, pour qu'on juge du fait avec plus d'impartialité.

Etant par le 54° de latitude, sur la côte de la Géorgie australe, le 17ᵉ Janvier 1775, l'auteur de la relation parlant au nom de COOK, s'exprime ainsi:

« Le fond de la baie, & deux endroits de » chaque côté, se terminoient par des rochers » de glace perpendiculaires, d'une hauteur » considérable. Il s'en détachoit continuelle» ment des morceaux: pendant que nous étions » dans la baie, une masse énorme tomba, » & fit un bruit pareil à celui du canon.

» Ces masses, ajoute ici M. FORSTER, » sont absolument les mêmes que celles qu'on » trouve dans les havres du Spitzberg (1) ».

Le 20ᵉ de ce même mois, les navigateurs s'assurent que cette terre est une île de 70 lieues de tour. Sur quoi l'auteur de la relation s'écrie.

---

(1) *Ibid. T. IV. p. 83.*

« Qui auroit jamais pensé qu'une île aussi » peu étendue que celle-ci, située entre le » 54e & le 55e parallèles, fût, au milieu de » de l'été, couverte presqu'en entier, à plu- » sieurs brasses de profondeur, d'une neige » glacée ?..... les flancs eux-mêmes & les » sommets escarpés des hautes montagnes, » étoient enfermés par la neige & la glace ; » mais la quantité qui se trouva dans les val- » lées est incroyable ; & au fond des baies, » la côte aboutissoit à une muraille de glace » d'une élévation considérable (1).

» On a supposé (dit M. FORSTER à la » suite de ces descriptions) que toutes les » parties de ce globe, même celles qui sont » les plus affreuses & les plus stériles, sont » propres à être habitées par des hommes. » Avant d'aborder sur cette île de la Géor- » gie, nous n'étions pas éloignés d'adopter » cette opinion, puisque les rochers sauvages » de la Terre de feu sont peuplés ; mais le » climat de la Terre de feu est doux en com- » paraison de celui de la Géorgie ; car le ther-

(1) *Ibid. p.* 91.

» momètre étoit ici d'au moins dix degrés (1)
» plus bas. Les étés de cette nouvelle île
» sont très-froids : le thermomètre n'a jamais
» monté à plus de dix degrés (2) au-dessus
» du point de congélation, pendant notre
» séjour sur la côte ; & quoique nous ayons
» lieu de croire que les hivers n'y sont pas
» aussi froids en proportion que dans notre
» hémisphère (3), il est probable qu'il y a
» au moins entre les deux saisons une diffé-
» rence de 20 ou 30 degrés : je pense que
» cela suffiroit pour tuer tout homme qui auroit
» survécu aux rigueurs de l'été (4), &c. ».

§. 138. Ces témoignages prouvent suffisamment que dans les hautes latitudes australes, le froid est plus rigoureux que dans ces mêmes latitudes boréales.

Dans les latitudes inférieures, où il ne se forme pas de glace, & où les températures

---

(1) De FAHRENHEIT.

(2) De FAHRENHEIT.

(3) Il n'indique pas le fondement de cette conjecture. En général l'hiver austral est plus froid à même latitude, du moins par une cause ci-dessus indiquée §§. 109 & *suivans.*

(4) M. *FORSTER* joint ici d'autres considérations étrangères à mon sujet.

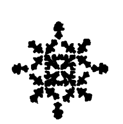
auſtrale & boréale ſe mêlent, la différence de température entre les deux hémiſphères ne paroît pas ſe faire ſentir; mais pour en juger sûrement, il faudroit des obſervations plus exactes & plus nombreuſes que celles qu'on a recueillies. Car les cauſes accidentelles trompent aiſément lorſqu'on n'embraſſe pas un grand eſpace.

Du reſte, ces réſultats ſont tels qu'on avoit lieu de les attendre (1).

Quant à l'inégalité périodique, ou à cette légère différence qui doit avoir lieu entre le rapport des ſaiſons dans chaque hémiſphère, nous manquons d'obſervations qu'on puiſſe comparer entr'elles ſous ce point de vue.

---

(1) §§. 128 *& ſuivans.*





CHAPITRE XIII.

Suite.

§. 139. AUX îles Falkland, 51° latitude sud, la température observée aux années 1776 & 1777, fut 47° de Fahrenheit, ce qui selon M. KIRWAN est 5° au dessous de l'*étalon* (1); mais ce déficient a sur-tout lieu dans les mois d'été, les mois froids, tels que Juin & Juillet (exceptant formellement Août), furent plutôt un peu plus chauds que les mois correspondans de Décembre & Janvier (exceptant Février) ne sont d'ordinaire à Londres, située par le 51°31′ de latitude nord. Si donc ce petit nombre d'observations faites aux îles Falkland pouvoit servir de moyenne, on en concluroit que le voisinage d'une vaste étendue de mers qui ne gèlent point, y influe plus sur la température périodique, que ne peut faire la raison mécanique déduite ci-dessus (§. 124). Mais la différence de 5° dont

(1) *An estimate of the temp. of diff. latit. p.* 102.

la chaleur annuelle moyenne s'y trouve inférieure à l'*étalon*, confirme bien la théorie du froid austral. Et c'est cette différence qu'avoit en vue M. FORSTER dans le passage que j'ai cité, quoiqu'il ne l'eût pas exactement appréciée (§. 136).

§. 140. Toutefois je crois devoir finir par traduire ici le court chapitre où M. KIRWAN traite *de la température de l'hémisphère austral* (1).

« De l'équateur au 40° de latitude, la tem-
» pérature de cet hémisphère semble être
» exactement la même que celle des parallèles
» correspondans du côté nord (2); mais c'est
» l'opinion générale, que les latitudes plus
» australes sont beaucoup plus froides que les
» septentrionales, à égale distance de l'équa-
» teur. Si cette opinion regardoit uniquement
» la saison de l'été, ou les latitudes plus hautes
» que 60°, il y a de bonnes raisons de la
» croire fondée; car dans cet hémisphère, aussi
» bas que le 68°, la mer a été trouvée gelée
» par-tout par cet incomparable navigateur le
» capitaine COOK, & de larges masses de glace

(1) *Ibid. p.* 51.
(2) 1 GENTIL. *Voy. p.* 73.

» font en été détachées & entraînées aussi bas
» que 50° de latitude, ou même 46°, & fondant
» à cette hauteur, elles y répandent le froid
» jusques dans des parages encore plus éloignés
« du pole. Mais, d'un autre côté, l'absence
» de la terre, qui, comme on fait, reçoit
» un beaucoup plus grand degré de froid que
» l'eau, rend très-probable que les hivers
» antarctiques font beaucoup plus doux que
» les arctiques, du moins sur terre.

» Il est digne de remarque que le docteur
» HALLEY & M. WALES ont trouvé quelquefois
» dans cet hémisphère le vent du nord plus
» froid que celui du sud » (1).

N'ayant nullement à cœur de trouver un résultat d'une nature déterminée; mais ayant fort à cœur de trouver le résultat vrai, je me borne à desirer que les physiciens qui auront pris la peine de me lire, veuillent bien reprendre en considération ce sujet & lever les doutes que doivent naturellement faire naître ceux d'un météorologiste tel que M. KIRWAN.

---

(1) *DALRYMPLE's Voy. p. 37. and WALES's Observ. on his Voy.*

Il femble infinuer que la diminution du froid d'hiver, réfultant de l'abondance des eaux, pourroit bien compenfer dans l'hémifphère auftral la diminution de la chaleur d'été. Je ferai remarquer néanmoins que cette compenfation ne doit pas avoir lieu dans les climats où les glaces font permanentes, or c'eft le cas où fe trouvent tous les climats de cet hémifphère dès le 68°, comme le dit M. Kirwan, & plufieurs climats moins élevés (§. 135), à l'exception d'un feul point où les glaces ont permis de pénétrer en été jufques au 71° (*ibid.*). On ne fauroit voir aucune raifon dans ces climats glacés pour que l'hiver y fût moins rude que fur les terres. Toutes les caufes indiquées, foit par M. Kirwan, foit par d'autres, & toutes les obfervations qu'il a recueillies pour établir la différence périodique de chaleur entre la mer & la terre, fe rapportent à la mer liquide & ne s'appliquent point à d'immenfes plaines de glace. De forte que pour établir la compenfation entre l'été & l'hiver dans l'hémifphère auftral, il ne refteroit plus que cette obfervation de MM. Halley & Wales fur les vents du nord & du fud. Mais outre

qu'elle ne se présente encore que sous une forme vague, il faudroit vérifier si c'est dans les hautes ou dans les basses latitudes que cette observation a été faite; car dans les basses latitudes, c'est-à-dire, dans celles où la mer ne gèle pas, elle n'a rien qui doive surprendre.

Il faut sans-doute attendre & demander de plus nombreuses & de plus exactes observations. Cependant il n'est pas inutile de préparer la matière en analysant les causes & en préjugeant le phénomène.

§. 141. Il me semble enfin, après avoir mûrement pesé tous les faits, qu'on peut conclure sans témérité que jusqu'ici les observations présentent le même résultat que la théorie; savoir, que l'*hémisphère austral est plus froid que le boréal* dans les latitudes élevées.



SECTION IV.

Remarques détachées.



CHAPITRE PREMIER.

De l'influence des nuages ſur la température du ſol.

§. 142. LE phénomène météorologique indiqué au §. 24. a été remarqué par M. PICTET, & conſigné dans ſes journaux d'obſervation. C'eſt ce qu'atteſte l'extrait ſuivant, qu'il en a tranſcrit textuellement, & auquel il a joint une remarque importante.

» *Extrait du régiſtre de l'obſervatoire, in-*
» *titulé :* Obſervations diverſes.

» *Janvier* 1777.

» *Dans la nuit du* 4 *au* 5, *le thermomètre*
» *étoit à* — 12 *à* 10 *heures du ſoir; le tems*

» s'étant couvert ensuite, il n'étoit plus qu'à » — 10 ⅓ à 11 h. du soir (1) ».

« Je me rappelle distinctement au sujet de » cette note, (ajoute M. PICTET, en me la » communiquant) un fait que je ne trouve » pas enrégistré, c'est que le haussement de » température dont il est question fut simul- » tanée avec l'apparition d'un nuage assez voisin, » mais peu étendu, aux environs du zénith.

» Un autre fait, observé par tous les agri- » culteurs, & rélatif à l'influence prompte & » presque immédiate des nuages sur le sol » (indépendamment de leur effet pour inter-

(1) Les deux notes suivantes, inscrites sur le même régistre à la suite de celle-là, ont quelque rapport à notre sujet & font voir que le froid régnoit à cette époque d'une manière constante.

« *Dans la nuit du 6 au 7, le thermomètre étoit » à* — 10 ½ *vers minuit ; ce froid continu feroit » sans-doute du mal aux bleds sans cinq à six pouces » de neige qui les couvrent, & sous laquelle la » terre n'est que peu gelée malgré le grand froid.*

» *La nuit du 8 au 9 a été encore plus froide que » les précédentes, & à minuit le thermomètre étoit » à* — 12 ¾. *Il aura été encore plus bas vers le » matin* ».

Ces degrés sont ceux du thermomètre dit de RÉAUMUR.

» cepter les rayons ſolaires) eſt celui-ci ; on
» ſait que dans les circonſtances les plus favo-
» rables d'ailleurs à l'apparition de la roſée,
» elle eſt nulle, ou preſque nulle, ſi le ciel
» eſt couvert ; & que les blanches gelées, ſi
» redoutables au printems & en automne,
» n'ont pas lieu à même température, ſi le
» tems eſt couvert ».

Tous les faits mentionnés dans cette remarque de M. PICTET, s'expliquent naturellement par les principes poſés au §. 25, c'eſt-à-dire, en conſidérant les nuages comme le vêtement du ſol, & en ayant égard à la chaleur rayonnante.



CHAPITRE II.

De l'effet des miroirs rélativement à la chaleur.

§. 143. EN réfléchissant sur les expériences qui déterminent la nature de l'équilibre du feu (§. 3), on est conduit à examiner de plus près l'effet des miroirs sur la chaleur des corps exposés à leur influence (1). On obtiendroit des résultats contraires à l'expérience & propres à inspirer de la défiance pour cette théorie de la chaleur rayonnante & de son équilibre, si l'on négligeoit certaines considérations, que je vais par cette raison rappeler ici.

Un miroir n'est pas distingué des autres corps par sa propriété de réfléchir la lumière, mais par la régularité de la réflexion qu'il opère. Un corps qui n'est pas poli, peut réfléchir la chaleur tout autant qu'un miroir, mais on ne distingue pas aisément les effets de cette réflexion. Au lieu que la loi sous laquelle le miroir réfléchit la chaleur, fait remarquer son

(1) Une remarque de M. NECKER DE GERMANY a été l'occasion de celle-ci, & m'a fait y donner une attention particulière.

action. Par exemple, tous les rayons parallèles à l'axe d'un miroir concave ſont réfléchis à ſon foyer : mais auſſi ce foyer ne reçoit pas les rayons, qui ont frappé le miroir ſous une autre direction. Si la concavité eût été occupée par un corps propre à réfléchir irrégulièrement la chaleur, le foyer en queſtion auroit reçu, par réflexion, moins de rayons parallèles à l'axe, & plus de rayons obliques. En ſorte que dans un lieu d'une température uniforme, où le feu rayonne ſans ceſſe en tout ſens, un miroir ſubſtitué à un corps qui réfléchit irrégulièrement, ne produit aucun changement dans la température.

Si cependant on veut concevoir un miroir comme réfléchiſſant plus de rayons calorifiques que tout autre corps, ainſi que le blanc réfléchit plus de lumière, il faut conſidérer néanmoins qu'il en abſorbe auſſi de même que tout autre corps, & que la partie réfléchie n'eſt jamais qu'une portion aſſez petite de tout le feu qui lui eſt tranſmis, ſoit par le rayonnement, ſoit par le ſupport, ſoit par l'air groſſier & ſubtil. Ainſi, tout le changement que peut opérer la tranſmutation d'un corps ordinaire en un tel miroir, c'eſt que

celui-ci ait à même température une capacité de chaleur un peu moindre, attendu que sa température est formée de deux courans dont l'un est réfléchi & l'autre émané, tandis qu'un corps d'une autre nature n'émet qu'un seul courant, ou du moins envoie un courant réfléchi moindre que ne fait le miroir.

Si cet état a lieu pour certains corps, leur température est de tout tems réglée là-dessus & on ne peut pas plus s'en appercevoir dans les expériences communes, qu'on ne peut deviner, sans méditation, les différentes capacités de chaleur des différens corps qui nous environnent. Peut-être des expériences délicates pourroient-elles dans le premier cas, comme elles l'ont fait dans l'autre, indiquer à cet égard la loi de la nature (1).

---

(1) Ayant cité ci-dessus (§. 1) les auteurs qui ont observé le phénomène de la réflexion du feu, j'ai omis M. DE BUFFON, que par cette raison je crois devoir nommer ici. Voici ce qu'il dit à ce sujet « J'ai » recueilli sur un miroir ardent par réflexion une » assez forte chaleur sans aucune lumière, au moyen » d'une plaque de tôle mise entre le brasier & le » miroir; une partie de la chaleur s'est réfléchie au » foyer du miroir, tandis que tout le reste de la » chaleur l'a pénétré ». *Hist. Nat. Suppl. T. I*, *in-12°.*, *p.* 64, *note.*



CHAPITRE III.

Sur la limite des aliſés.

§. 144. LE vent aliſé qui ſouffle conſtamment de l'Eſt paroît déterminé, comme le ſont les marées de l'océan, par l'attraction de la lune & du ſoleil (1) : mais ce vent tient du nord dans l'hémiſphère boréal, du ſud dans l'hémiſphère auſtral ; & cette force perpendiculaire à l'équateur, laquelle trouble la direction du vent d'Eſt, n'eſt pas l'effet de la même cauſe (2). Elle doit être attribuée à la chaleur ſolaire

(1) *Réflexions ſur la cauſe des vents*, par D'ALEMBERT.

Il y a ſoixante ans que M. A. MAURICE, actuellement profeſſeur en théologie à Genève, ſoutint, ſous la préſidence de M. J. L. CALANDRINI, une thèſe publique, dans laquelle étoit traitée cette queſtion : *An detur ſolis & lunæ actio in aerem, eorum actioni in aquas analoga, ex qua ventorum variationes pendeant ?* On répondoit affirmativement, mais ſans indiquer la conſéquence qu'a déduite M. D'ALEMBERT. A cet égard on s'en tenoit à l'opinion reçue qui attribuoit le vent d'Eſt conſtant à la chaleur ſolaire.

Je ne ſais ſi à cette époque, en 1732, d'autres s'étoient occupés des marées atmoſphériques.

(2) *Réflexions ſur la cauſe des vents*, §. 42.

qui produit sur la masse entière de l'atmosphère le même effet qu'on observe en petit lorsqu'on établit une communication entre une chambre froide & une chambre chaude. L'air passe par en bas du froid au chaud, & retourne par en haut du chaud au froid (1). En sorte que des zônes froides à l'équateur, il doit s'établir deux courans opposés, dont l'impression se combinant avec la marée atmosphérique, produit le double alisé qu'on observe (2).

La limite moyenne, qui sépare l'alisé nord-est de l'alisé sud-est, seroit l'équateur même, si les deux hémisphères étoient échauffés au même point.

---

(1) A Tcherkin en Abyssinie, 15° de latitude septentrionale, en Décembre 1771. « Pendant la nuit » on distinguoit constamment deux courans d'air, » celui qui étoit le plus bas venoit du nord-est & » tournoit le matin un peu à l'Est; tandis que des » nuages blancs très-légers & très-élevés, courant » rapidément du sud-ouest, indiquoient que le vent » régnoit en haut dans cette direction ». *Voyage aux sources du Nil par* J. BRUCE, *traduit par* CASTERA, *in*-8°. *T. XI*, *p.* 130.

(2) Par un résultat moyen de toutes les observations anémométriques connues, du 11° au 43° de latitude *Nord*, le vent dominant est le *N. E.*; du 43e au delà vers le pole, c'est le *S.* ou le *S. O.* *Mémoire du* P. COTTE dans le *Journal de physique*, *Octobre* 1791.

Mais puiſqu'ils ſont inégalement chauds (§. 141), cette limite ſera placée de manière à laiſſer de part & d'autre des ſegmens ſphériques qui contiennent des quantités égales de chaleur : c'eſt-à-dire qu'elle ſera un parallèle de l'hémiſphère boréal.

En effet l'obſervation ſemble prouver que les aliſés ſud-eſt s'etendent au-delà de l'équateur juſqu'au 3° de latitude ſeptentrionale, & que les aliſés nord-eſt ne s'étendent dans l'hémiſphère nord que juſqu'au 5° de même latitude. En ſorte qu'il y a un eſpace d'environ 2° où les aliſés ne ſont ni nord, ni ſud, & où l'irrégularité des vents & des orages marque en quelque ſorte la limite de ces deux eſpèces d'aliſés (1).

Je dis que l'obſervation ſemble prouver. Et j'emploie cette expreſſion de doute, à cauſe de la difficulté de faire abſtraction des cauſes locales, accidentelles, ou périodiques, (ſurtout du changement de la déclinaiſon ſolaire) pour eſtimer cette limite moyenne.

---

(1) NICHOLSON'S *Introd. to natur. philoſ. Vol. II. p.* 57.

J'ai cependant recueilli un aſſez grand nombre d'obſervations qui confirment cet apperçû. Et j'en ai indiqué quelques-unes dans un mémoire particulier ſur ce ſujet (1). J'en joins ici deux qui, par les parages où elles ont été faites, ſemblent aſſez dégagées de toute influence locale. Il eſt vrai qu'elles ſe rapportent l'une & l'autre à l'été boréal, mais à deux époques voiſines de l'équinoxe.

En 1771, le 23 Août, par 176° 43′ de longitude orientale (du méridien de Paris), ſur la ligne équinoxiale, le vent aliſé ſouffloit ſud-eſt. Et le nord-eſt ne fut rencontré qu'au-delà du 8° de latitude ſeptentrionale (2).

En 1786, le 22 Avril, par 116° 40′ de longitude (à l'oueſt de Greenwich), le vent aliſé ſud-eſt fut obſervé ſe maintenir encore au 3° 37′ de latitude ſeptentrionale. Entre ce degré & le 7° de latitude nord, les vents furent variables & ſoufflant par rafales; ce ne fut qu'au 7° 43′ de latitude ſeptentrionale, qu'il ſe fixa & devint l'aliſé nord-eſt conſtant (3).

---

(1) *Journal de phyſique*, *Avril* 1791.

(2) *Voy. de* MARION *&* DESCLEMEUR, *par* CROZET, *Paris* 1783, *in-8°.*, *p.* 171 *&* 169.

(3) *Voyage de* DIXON, *Tables marines.*

Toutes les tables marines & les relations des navigateurs, offrent à la vérité beaucoup d'anomalies, indépendantes de la déclinaiſon du ſoleil; mais d'ordinaire on en démêle les cauſes en jetant les yeux ſur la carte, & obſervant le giſement des terres. Et à travers ces anomalies, il me ſemble qu'on diſcerne aſſez bien la loi générale.

Je deſirerois fixer l'attention des phyſiciens ſur ce phénomène, qui, s'il étoit conſtaté, auroit peut-être quelques conſéquences pratiques; leſquelles, bien que troublées par diverſes cauſes, ne pourroient être abſolument négligées dans un art auſſi important & auſſi compliqué que celui de la navigation.

CHAPITRE IV.

Sur une expérience de M. Fordyce.

§. 145. ON lit dans les *Tranſactions philoſophiques* (1) un mémoire de M. Fordyce; dans lequel il rend compte d'une expérience rélative à l'accumulation de la chaleur.

En ſupprimant le détail de cette expérience, elle ſe réduit à chauffer également deux pla-

(1) *Vol. LXXVII*, *p.* 300.

ques de différentes matières, en les exposant au soleil par une de leurs faces, & à mesurer du côté opposé la température produite à une petite distance, dans les diverses périodes d'échauffement & de réfroidissement.

L'une des plaques est de carton, l'autre de fer. Elles sont égales en volume. Mais en poids celle de fer est à celle de carton environ comme 9 est à 1. Toutes les précautions sont prises pour que d'ailleurs les circonstances soient les mêmes dans les deux appareils, & entr'autres pour que la quantité de l'irradiation solaire, qui se répand sur la face supérieure des plaques horizontales, soit bien égale de part & d'autre.

Les résultats de l'expérience sont ceux-ci. 1°. Le thermomètre placé sous la plaque de fer monte plus tard & plus lentement. 2°. Il arrive enfin à un maximum plus élevé. 3°. Et lorsqu'on fait cesser l'irradiation solaire, il redescend plus lentement.

La densité différente des deux plaques peut influer sur ces faits, & paroît même les expliquer. Je ne prétends pas dire que cette explication soit complète, parce qu'il faudroit, &

de nouvelles expériences, & de nouveaux calculs, pour comparer exactement la cauſe à l'effet. Mais je ne crois pas inutile d'indiquer la manière dont je conçois cette influence.

Si l'on ſe repréſente d'un côté une plaque ſimple, & de l'autre une plaque composée de neuf couches homogènes ſemblables à la première, on verra aiſément que lorſque le feu a pénétré la plaque ſimple, il lui reſte encore huit couches à percer pour arriver au thermomètre placé ſous la plaque composée (1). Et ſuivant ſous ce point de vue le progrès de l'expérience, on devinera tous les réſultats qu'a obſervés ſon ingénieux auteur. Si le haſard fait tomber cette remarque ſous ſes yeux, il ne déſapprouvera pas que je l'aie ſoumiſe à ſon jugement. Et il n'eſt pas beſoin d'entrer dans plus de détails pour qu'il l'apprécie. Il verra bientôt juſqu'à quel point cette cauſe a pû concourir avec celles qui tiennent à la nature propre des corps, ou à d'autres circonſtances.

---

(1) La loi que ſuit le réfroidiſſement rélativement aux maſſes, a été déterminée par RICHMANN. Et je l'ai indiquée dans la note ſur le §. 22.

CHAPITRE V.

Idée de M. MONTGOLFIER.

§. 145. J'AI ouï faire en converſation, à M. MONTGOLFIER, une remarque ſur l'expanſibilité du feu qui me paroît curieuſe. Cet ingénieux mécanicien, réfléchiſſant ſur la force des fluides élaſtiques, avoit ſongé à tirer parti de celle du feu en l'employant immédiatement.

Il avoit conçu cette idée en voyant l'effet mécanique de l'expanſibilité du feu dans l'exploſion de la poudre à canon, & dans celle des gaz qui détonnent. Dans cette dernière exploſion, quoiqu'on trouve dans le développement ſubit des gaz & de la vapeur aqueuſe des agens très-puiſſans, il doutoit que l'effet fût proportionné à cette cauſe ſeule, & penſoit que le feu y agiſſoit immédiatement.

Quant à l'exploſion de la poudre à canon, il alléguoit les réſultats contraires de deux expériences vulgaires. « Plongez, diſoit-il, » dans un canon un boulet rouge ou une » bourre rougie à blanc. L'extérieur du canon » reſte froid très long-tems & ne s'échauffe » que peu-à-peu.

» Au contraire chargez un canon, & faites feu. A l'inſtant l'extérieur du canon ſe trouve chaud.

» Quelle eſt la raiſon de cette différence? C'eſt que le feu, ſemblable à tous les fluides élaſtiques, déploie ſon énergie avec d'autant plus de force & de célérité qu'il a été plus comprimé ».



CHAPITRE VI.

Sur le réfroidiſſement.

§. 147. SI l'on expoſe un matras plein d'eau chaude dans un air plus froid, le réfroidiſſement s'opère par deux cauſes. 1°. Par la chaleur rayonnante. 2°. Par la perte du feu gêné.

Le feu eſt gêné à l'intérieur de l'eau par l'eau elle-même. Et à l'extérieur par les fluides ambians.

Les fluides ambians, qui agiſſent ici, peuvent ſe réduire à deux claſſes principales; l'air groſſier & l'air ſubtil.

Il ſeroit utile de diſtinguer l'influence de ces divers agens ſur le réfroidiſſement.

Et il semble que la première expérience à tenter seroit celle-ci.

Mesurer le tems du réfroidissement dans l'air commun, & sous la pompe pneumatique, à divers degrés de raréfaction.

On parviendroit ainsi à reconnoître le rapport de la chaleur qui se communique par le contact, à celle qui se communique par le rayonnement; & la quantité de celui-ci selon la nature des obstacles.

De ce dernier rapport connu, on pourroit tirer des inductions sur le réfroidissement d'un corps planétaire quelconque (tel que la lune), selon la densité de son atmosphère. Et connoissant la durée des nuits & des jours auxquels ce corps est exposé, ainsi que sa grandeur rélative, on pourroit former sur sa température quelques conjectures probables. Si, par exemple, son atmosphère est extrêmement rare & la nuit de chaque hémisphère très-longue, on trouvera vraisemblablement que la chaleur solaire ne pourra y maintenir un degré tempéré qu'à de grandes profondeurs, & que sa surface passera par des alternatives de chaud & de froid, qui nous seroient insupportables.

CHAPITRE VII.

Sur la lumière inſenſible.

§. 148. DANS la nuit la plus obſcure, il y a un rayonnement perpétuel du feu, & probablement de divers autres fluides ſubtils. La lumière (ſur-tout ſi on ſuppoſe qu'elle eſt le *fluide déférent* du feu) rayonne ſans doute de même, quoiqu'elle ne ſoit pas toujours ſenſible à nos yeux (1).

Il eſt donc probable que tous les corps terreſtres, & même tous les corps planétaires, ſont lumineux ou phoſphoriques à un certain point.

Mais cette qualité n'affecte nos organes, que lorſqu'elle ſurpaſſe l'état commun de rayonnement auquel ils ſont expoſés.

Les effets de cette lumière inſenſible me paroiſſent mériter l'attention des phyſiciens. Et la coſmologie peut auſſi tirer quelque fruit de

(1) M. DE LUC attribue à cette lumière errante la clarté que conſervent les nuits les plus obſcures. *Idées ſur la météorologie* §. 138.

la considération d'un phénomène propre à indiquer, avec plus de précision, la distinction entre les corps obscurs & lumineux.

Je crois devoir placer ici un court extrait de la table qui m'a fourni l'estimation de l'intensité de la lumière au §. 48.

EXTRAIT *de la Table des forces restantes à la lumière après son passage dans l'atmosphère, sa force totale, avant que d'y entrer, étant exprimée par* 10000. (Académie des Sciences de Paris 1765, pag. 160.)

Hauteurs apparentes de l'astre.	*Force de la lumière.*
70°	8016
65	7951
60	7866
50	7624
40	7237
30	6613
20	5474
10	3149
5	1201
1	47
0	6

CHAPITRE VIII.

Sur la cauſe réfrigérante qu'on obſerve dans les animaux.

§. 149. LE pouvoir réfrigérant du corps animal eſt démontré particulièrement par les belles expériences de MM. BANKS & BLAGDEN, qui reſtèrent 10 minutes dans un air à 198° de Fahrenheit (73,8 de Réaumur).

Eſt-ce l'évaporation, eſt-ce la formation de quelques fluides élaſtiques, eſt-ce toute autre cauſe qui produit cet effet ?

Il ſemble qu'on auroit à tenter ſur ce ſujet quelques expériences intéreſſantes.

Expoſer à une haute température un corps humide, à la ſurface duquel tranſudât continuellement une eau ſans ceſſe renouvellée. Obſerver le thermomètre plongé dans ce corps.

Telle eſt la première expérience indiquée. Elle ne paroît pas offrir des difficultés décourageantes, & promet des réſultats dignes de l'attention des phyſiciens.

Les vases de pierre poreuse où les Indiens font rafraîchir l'eau, les linges mouillés employés dans le même but, toutes les expériences, & la théorie même de l'*évaporation* attestent son pouvoir réfrigérant; mais ne font pas voir assez exactement quelles sont les bornes de ce pouvoir, & si cette cause est proportionnée à l'effet qu'on observe dans les animaux.



CHAPITRE IX.

Sur les glacières naturelles.

§. 150. LES glacières artificielles sont un exemple de la lenteur avec laquelle la chaleur fond les glaces accumulées (§. 114.). La nature produit accidentellement des réservoirs pareils, où elle entretient une telle fraîcheur, qu'on y trouve de la glace en toute saison. J'ai ouï citer diverses glacières de cette espèce, soit en Suisse, soit ailleurs. Mais je crois qu'il en est peu de plus curieuses que celle qui fait l'objet de la lettre suivante, que j'adressai au *Jour-*

nal de Genève, où elle a été inſérée dans le *N°. 11. de l'année* 1789. Comme ce journal n'a paru que pendant le cours de trois années & qu'il n'a pas été fort répandu, je ne me fais pas ſcrupule de répéter ici ce que j'y diſois, & je ne vois aucune raiſon d'en changer la forme.

Lettre aux Rédacteurs du Journal.

MESSIEURS. Je fis, il y a vingt ans, un petit voyage en Franche-Comté, dont il m'eſt reſté un ſouvenir agréable, & quelques notes que je viens de m'amuſer à parcourir. J'y trouve la deſcription d'une grotte voiſine de Beſançon, qui ſert de glacière à cette ville, & où la nature entretient un hiver perpétuel. Je me garderai bien de mettre ſous les yeux de vos lecteurs cette deſcription faite à l'âge de dix-huit ans, & imparfaite à tous égards. Mais peut-être ne ſera-t-il pas inutile de réveiller l'attention des phyſiciens ſur ce phénomène, & de les inviter à l'obſerver de nouveau.

Il a été décrit par M. BILLEREZ en 1712, dans l'*Hiſtoire de l'Académie des ſciences de Paris*. En 1726, dans un mémoire envoyé à

la même académie par un anonyme, cité dans une *Histoire de Bourgogne*, publiée en 1737. Et en 1743, par M. DE COSSIGNY, dans deux lettres à M. DE RÉAUMUR, insérées dans les *Mémoires des savans étrangers*, T. I. Je ne connois que cette dernière description, qui est fort exacte; mais qui n'est pas complète. On y trouve les dimensions de la grotte, des observations thermométriques & quelques discussions rélatives aux précédentes descriptions. Cet observateur ne s'occupe point de la recherche des causes, & n'analyse pas le phénomène sous ce point de vue. D'ailleurs le thermomètre dont il se servoit, quoique construit sans doute avec beaucoup de soin (puisque c'étoit un présent de l'académie, & qu'il sortoit probablement des mains de M. DE RÉAUMUR), ne pouvoit avoir le degré de perfection que cet instrument a acquis par des recherches postérieures, & en particulier par celles de notre célèbre concitoyen M. J. A. DE LUC. On ne peut donc, par exemple, affirmer avec une parfaite assurance que l'observation de M. DE COSSIGNY, faite au mois d'Août 1743, qui fixe à demi-degré au-

dessus

deſſus de *zéro* la température du matin dans l'intérieur de la caverne & tout près de la glace, ſoit exacte. Si elle l'étoit, il paroîtroit que l'état habituel de la grotte en été ſeroit un état de dégel; ce qui ſeroit très remarquable.

Je vais donc, meſſieurs, dans l'unique but d'exciter une curioſité utile, vous rendre compte en peu de mots de ce que la lecture de ce mémoire & ma propre obſervation m'ont appris d'intéreſſant à ce ſujet.

La grotte eſt ſituée à cinq lieues & demie de Beſançon, près l'abbaye de la Grace-Dieu, & peu élevée au-deſſus du ſol de cette abbaye. Elle s'ouvre du côté du nord, au milieu d'une vaſte forêt, par une rampe de 64 toiſes de longueur ſur 31 toiſes de chûte. La voûte qui recouvre cette rampe eſt à-peu-près elliptique & formée d'un ſeul rocher. Du pied de la rampe au fond de la grotte, on compte environ 22 toiſes d'un ſol plat à l'entrée, & qui va en ſe relevant vers le fond, du côté du ſud, où la grotte ſe termine comme un boyau ſans iſſue. Sa largeur varie peu : la plus grande eſt de 22 toiſes & demie. Sa hauteur n'a pas été bien déterminée. On ne fera pas un grand

écart en estimant la plus grande de 15 toises & la plus petite de 10.

A l'œil, le bas de la grotte me parut comme divisé en trois chambres ou compartimens, distingués par les contours du rocher & par la variété des phénomènes. En entrant dans ce lieu, au milieu du mois d'Août & par un jour très-chaud, j'éprouvai un froid rigoureux; & le premier objet qui me frappa, fut un bloc de glace entretenu par la distillation continuelle d'une espèce de source qui tombe goutte à goutte du plafond. Toute la caverne, depuis cette entrée jusqu'aux lieux où le sol s'élève, est recouverte d'un pavé de glace solide, dans lequel s'ouvrent quelques puits où l'eau paroît froide & voisine du point de congélation. Ces puits sont formés par la stillation des eaux supérieures, qui entretiennent, par leur chûte lente, mais continuelle, ce magasin d'eau & de glace. En sondant un de ces puits, la hauteur de la glace sur le sol me parut être d'environ un pied. Le fond de la grotte, ou le dernier compartiment, est occupé par un massif de rocher qui semble formé par une source supérieure, à la manière des stalactites.

Tel étoit en gros le ſpectacle qu'offroit cette grotte en 1769. Mais ce ſpectacle varie. Si je m'en rapportois aux exagérations de mon guide, le bloc de glace de l'entrée n'auroit été que le reſte d'une colonne de glace qui atteignoit juſqu'à la voûte, & pluſieurs pareilles colonnes auroient été ſucceſſivement détruites pour ſatisfaire à la conſommation de la ville de Beſançon, à qui, comme je l'ai déjà dit, cette grotte tient lieu de glacière. Mais il paroît ſeulement qu'il ſe forme en hiver de grandes mêches ou ſtalactites de glace, qui pendent du plafond & ſe fondent ou tombent au printems. Cette circonſtance & d'autres changent le nombre & la diſpoſition des blocs & des pyramides qui s'élèvent ſur le pavé de glace de la caverne. En Septembre 1711, M. Billerez vit trois pyramides de glace de 15 à 20 pieds de haut. A cette époque la caverne contenoit beaucoup plus de glace qu'à celle des obſervations de M. De Cossigny, en Août 1743. Et cependant à cette dernière époque, on comptoit 13 ou 14 pyramides, mais qui n'avoient que 6, 7 ou 8 pieds de haut. En Août 1769, je ne remarquai qu'un ſeul

bloc de glace, à-peu-près de la hauteur de ceux dont parle M. DE COSSIGNY.

En 1707, dans le tems du camp de la Saône, M. le DUC DE LÉVI fit enlever par un très-grand nombre de chariots qui y venoient journellement, toute la glace tant des pyramides que du sol de la grotte, qu'on découvrit entièrement. Ce fait prouve que la glace de cette grotte peut être détruite & renouvellée en assez peu de tems.

La grotte est-elle un réservoir parfait & sans issue? ou communique-t-elle à quelque réservoir intérieur? C'est un fait qui n'a pas été éclairci. On sait seulement que cette caverne n'est pas la seule qui se trouve dans le même rocher. On voit à une assez grande hauteur l'ouverture d'une autre caverne qu'on dit avoir autrefois servi de retraite aux paysans du voisinage. Il semble donc assez naturel de penser qu'il existe d'autres cavernes voisines, auxquelles celle-ci communique par quelque fente de rocher. Si cela n'est point, il faut supposer que l'évaporation & l'affluence des eaux se compensent, & que ces causes suffisent pour entretenir à-peu-près au même niveau la glace qui recouvre le sol.

Cette évaporation eſt ſans doute conſidérable. Elle produit ſouvent un brouillard épais dans l'intérieur de la grotte. M. De Cossigny a trouvé ce brouillard plus ſenſible au mois d'Août qu'au mois d'Octobre. Il n'y en avoit point lorſque je la viſitai.

Tels ſont les principaux réſultats des obſervations faites dans cette grotte. Ils laiſſent beaucoup à deſirer, & probablement ne ſuffiſent pas pour déterminer avec préciſion la cauſe du principal phénomène. La glace permanente dans cette grotte n'y eſt pas formée & entretenue par le froid réſultant de l'élévation du ſol. La forêt qui l'abrite eſt plus élevée de quelques toiſes, & on y reſpire en été un air auſſi chaud que dans les lieux les plus voiſins de Beſançon. Ce fait ſuffiroit pour exclure une pareille explication, lors même qu'on n'auroit pas des données juſtes ſur la hauteur néceſſaire pour produire le froid de congélation, hauteur bien différente de celle où la grotte ſe trouve placée. Ainſi en comptant avec M. De Saussure un degré de froid moyen pour chaque centaine de toiſes d'élévation, à peine trouveroit-on quelque dimi-

nution ſenſible de chaleur par cette cauſe. Car, quoiqu'on manque d'obſervations barométriques faites dans ce lieu, on peut juger de ſon niveau par le chemin qu'on fait pour y parvenir, & il ne me reſte le ſouvenir d'aucune montée eſcarpée, ni d'aucune vue élevée & qui domine la plaine. Tout ce qu'en dit M. De Cossigny me paroît conforme à ce ſouvenir, & je ſuis perſuadé qu'une ou deux centaines de toiſes ſont la plus grande hauteur verticale qu'on puiſſe raiſonnablement attribuer à la colline dont cette grotte fait partie. On a généralement ſuppoſé que le froid extraordinaire qui y règne étoit produit par des ſels dont les terres & le roc peuvent être imprégnés. C'eſt en conſéquence de cette ſuppoſition que M. De Cossigny ſoumit à un examen chimique fort exact une eſpèce de terre glaiſe qui ſe trouve au bas de la rampe, & qui demeure toujours molle & boueuſe, tandis que la terre voiſine eſt endurcie par le froid. Le réſultat de cet examen fut que cette terre ne contient abſolument aucune particule ſaline. Si l'on réfléchit à la quantité de ſel néceſſaire pour abſorber la chaleur d'un auſſi vaſte réci-

pient, & pour y entretenir un état perpétuel de congélation ; on ſe trouvera, je crois, forcé de renoncer à cette explication. C'eſt aux chimiſtes à prononcer là-deſſus, & à faire le calcul de la conſommation de ſel qu'exigeroit un tel appareil, en ſuppoſant la poſſibilité des conditions requiſes pour obtenir par ce moyen quelqu'effet ſenſible.

En peſant attentivement les circonſtances locales, on y découvre à la vérité quelques cauſes de froid permanentes. Mais ces cauſes ſemblent plutôt propres à entretenir une grande fraîcheur ou à diminuer la chaleur de l'été, qu'à produire un froid tel que celui qui règne dans la caverne. Premièrement de grands arbres en ombragent l'entrée ; il eſt, m'a-t-on dit, défendu ſous des peines ſévères d'en abattre aucun, de peur de priver la grotte d'un abri néceſſaire. En ſecond lieu, cette entrée eſt ſituée au nord preſque plein, tirant un peu vers l'Eſt, ce qui eſt la ſituation la plus fraîche qu'on puiſſe choiſir, & la plus propre à faciliter l'effet des vents glacés qui ſoufflent de ce rhumb. Enfin la rampe eſt rapide, & la grotte profonde & recouverte d'une épaiſſe

voûte. Ces trois circonstances réunies constituent, à ce qu'il me semble, une très-bonne *glacière*; par où j'entends un réservoir propre à conserver pendant l'été la glace qui peut s'y entasser l'hiver.

Mais comment cette glace s'entasse-t-elle? — On sait que les eaux supérieures forment au plafond pendant l'hiver des cierges, des stalactites de glace. Ces glaçons suspendus & accrus sans cesse par la stillation des mêmes sources qui les ont formés, tombent enfin, entraînés par leur propre poids, & forment autant de noyaux, autour desquels se congèlent les eaux dont le sol de la grotte est toujours inondé. En même tems le souffle des vents du nord accumule la neige au pied de la rampe, qui est découverte en partie & exposée par le haut à toutes les intempéries de l'air. Ainsi se forme pendant l'hiver un entassement irrégulier de glaces & de neiges, que les premières chaleurs du printems commencent à faire couler, mais que les ardeurs de l'été ne peuvent achever de dissoudre. L'hiver qui suit a donc plus de facilité encore à augmenter la masse de ces pyramides de glace, qui

ont réſiſté juſqu'en automne. Et ſi les hommes ne travailloient point à la diminuer, il arriveroit qu'elle rempliroit toute la caverne, du moins juſqu'à une très-grande hauteur.

Je ſuis donc très-porté à croire que le procédé de la nature eſt ici préciſément ſemblable à celui de l'art : que ſans aucune cauſe particulière de froid, la glacière naturelle de Beſançon conſerve, dans la température modérée des caves profondes, les monceaux de neige & de glace que les vents & les eaux ſupérieures y accumulent pendant l'hiver : & que la fonte de ces neiges & de ces glaces accumulées y forme peu-à-peu ce pavé de glace, parſemé de blocs & de pyramides, qu'on y obſerve pendant l'été.



SECTION V.

Application de la théorie du froid austral aux phénomènes de l'aiguille magnétique.

J'ai publié en 1788, sous le titre d'*Origine des forces magnétiques*, une hypothèse dont je vais donner ici l'esquisse ; me permettant de profiter de cette occasion de la rappeler à l'attention des physiciens, & de la leur présenter sous une forme plus simple.

CHAPITRE PREMIER.

Constitution du fluide magnétique.

§. 151. Les fluides subtils & expansifs qui jouent un si grand rôle dans les opérations de la nature, sont des fluides discrets, dont les molécules se meuvent en divers sens, chacune selon la direction que lui imprime, une cause mécanique constante.

Un fluide diſcret peut être ſimple ou compoſé. Et le compoſé peut être tel par ſimple mêlange ou par combinaiſon. J'appelle l'un *mixte*, & l'autre *combiné*. Dans un même fluide diſcret combiné les molécules ſont toutes ſemblables, & chaque molécule eſt formée de l'aggrégation de deux ou pluſieurs élémens différens.

Le fluide magnétique eſt un fluide diſcret combiné dont les molécules ſont formées de l'aggrégation de deux élémens hétérogènes. Lorſque ſes molécules ſe décompoſent, leurs élémens homogènes réunis forment deux fluides magnétiques élémentaires, que j'appelle *purs*, par oppoſition au fluide *combiné*, qui exiſtoit avant la décompoſition.

La propriété des élémens du fluide magnétique eſt d'être doués de deux affinités, dont l'une s'exerce à la diſtance, & l'autre ſeulement au contact. Par la première, les attractions entre homogènes étant égales, *les élémens hétérogènes s'attirent plus que les homogènes*. Par la ſeconde, *le fer exerce une attraction élective ſur les élémens* des deux eſpèces, ainſi que ſur leurs aggrégations, dès

qu'on les met *en contact* avec ce métal (1).

§. 152. Le fluide magnétique est répandu dans l'atmosphère & pénètre dans l'intérieur de la terre.

L'affinité de ses molécules hétérogènes les forçant à s'unir ; par-tout où elles sont libres, le fluide n'existe que combiné. Mais là où elles sont gênées, c'est-à-dire dans le fer, elles se décomposent quelquefois & forment du fluide pur de deux espèces.

CHAPITRE II.

Du magnétisme du fer.

§. 153. LE fer *dans l'état naturel*, ne contient que du fluide combiné. Le fer *aimanté*, contient du fluide décomposé, dont les élémens condensés séparément, sous la forme de fluide pur, occupent des places distinctes qu'on nomme *poles*.

(1) Dans la seconde section de l'*Origine des forces magnétiques* j'ai indiqué les principes généraux de physique mécanique de M. LE SAGE de Genève, comme étant ceux auxquels je rapporte mes recherches en physique ; & j'ai fait voir comment ils se concilient avec les conditions de mon hypothèse sur le magnétisme.

§. 154. PHÉNOMÈNE I.

Dans l'état naturel le fer n'exerce aucune force magnétique.

EXPLICATION.

Le fer ayant acquis dès long-tems la quantité de fluide magnétique que comporte sa nature ; & le fluide magnétique ambiant étant libre : lorsqu'on approche deux fers dans l'état naturel, ils ne peuvent s'affecter mutuellement. Car si le fluide de l'un devoit exercer quelqu'attraction sur l'autre, il l'exerceroit également sur le fluide ambiant : & aussi-tôt celui-ci se précipiteroit entre les fers, ou s'en éloigneroit, précisément en quantité suffisante pour prévenir leur approche.

§. 155. PHÉNOMÈNE II.

Lorsqu'on approche un fer d'un aimant (1), le fer n'est attiré qu'en devenant lui-même aimanté.

---

(1) J'envisage ici l'aimant comme un pole unique plein de fluide pur. On verra bientôt que cette abstraction n'altère point nos conséquences (§. 156).

EXPLICATION.

Une molécule combinée, placée à égale distance entre deux masses égales de fluide magnétique, dont l'une est du fluide combiné & l'autre du fluide pur, reste immobile. Car les attractions homogènes & hétérogènes sont précisément égales de part & d'autre.

Ainsi un fer dans l'état naturel, c'est-à-dire ne contenant que des molécules combinées, ne sera point affecté par le fluide pur d'un pole magnétique, aussi long-tems que ses molécules ne se décomposeront pas, c'est-à-dire aussi long-tems que lui-même ne deviendra pas aimanté (§. 153).

§. 156. PHÉNOMÈNE III.

Deux barreaux aimantés s'attirent par leurs poles de noms différens, & se repoussent par ceux de même nom.

EXPLICATION.

Le fluide ambiant, libre & agité, ne peut pas se décomposer; ainsi le fluide pur du barreau aimanté n'agit point sur lui (§. 155):

en sorte que ce fluide ambiant n'éprouve ni raréfaction, ni condensation. Dès lors les poles des barreaux opposés agissent seuls les uns sur les autres.

Chacun de ces poles est attiré vers le lieu qui contient le plus de fluide hétérogène au sien; ce qui produit des répulsions apparentes à l'égard de ceux de même nom : car ils tendent vers le fluide combiné extérieur placé dans la région opposée à pareille distance.

On peut donc considérer chaque barreau magnétique, rélativement à chaque pole de l'autre barreau, comme doué de deux forces, l'une attractive, l'autre répulsive. Chacune de ces deux forces occupe un centre d'attraction distinct. Elles seroient égales à égales distances; mais (comme toutes les forces de ce genre) elles suivent une raison inverse de la distance.

Par conséquent, chaque pole d'un barreau magnétique agira à son extrémité par l'excès de force que lui procure l'éloignement de son antagoniste. Ce qui suffit pour expliquer le phénomène.

§. 157. PHÉNOMÈNE IV.

En approchant un aimant par un de ses poles, de l'extrémité d'un barreau de fer naturel ; cette extrêmité devient un pole de nom opposé, & l'autre extrêmité un pole de même nom.

EXPLICATION.

Le fluide pur (1) placé dans le voisinage du fluide combiné tend à décomposer celui-ci ; car chaque molécule du fluide combiné est formée de deux élémens, dont l'un est *plus* attiré vers le fluide pur, & l'autre *moins*, que du côté opposé.

Mais cette cause de décomposition ne peut avoir d'effet sur le fluide libre & agité. Il faut qu'il soit captif dans le fer, & que l'affinité de celui-ci aide à cet effet. Dans ces circonstances seulement le fluide se décompose, & ses élémens cèdent à leurs affinités réciproques.

---

(1) On vient de voir qu'à l'intensité près, chaque pole d'un barreau magnétique agit comme s'il étoit isolé, (§. 156). Or un aimant ne diffère point d'un barreau magnétique.

§. 158. PHÉNOMÈNE V.

Lorſqu'on aimante un barreau trop long, il s'y forme des points conſéquens, *c'eſt-à-dire, des alternatives de poles oppoſés.*

EXPLICATION.

La ſphère d'activité d'une certaine maſſe de fluide pur eſt bornée. Si donc on préſente un pole à l'extrémité d'un barreau, le fluide pur de même eſpèce ne s'éloignera que juſqu'à un certain point; & reſtant ainſi accumulé, il agira ſur les molécules placées au-delà de cette limite comme le feroit un pole ſéparé.

§. 159. PHÉNOMÈNE VI.

Lorſqu'on ſépare les deux poles d'un barreau aimanté, les deux demi-barreaux ſéparés deviennent deux aimans ayant leurs poles placés comme auparavant.

EXPLICATION.

Le fluide magnétique pur eſt condenſé vers les extrémités du barreau aimanté, & ſes couches vont en diminuant à meſure qu'on approche du milieu du barreau, où le fluide

ſe trouve enfin tout composé de molécules combinées.

Deux cauſes le retiennent dans cette ſituation forcée : l'affinité du fer qui l'empêche de ſe mouvoir, & l'attraction qu'exercent mutuellement les deux fluides hétérogènes qui ſe trouvent purs dans chaque pole. Il réſulte de l'action de ces cauſes une ſorte d'équilibre, & une diſtribution du fluide, propre à l'entretenir.

Lorſqu'on ſépare les deux poles, on laiſſe bien ſubſiſter l'affinité du fer, mais on enlève l'attraction du fluide pur hétérogène. L'équilibre étant ainſi rompu, le fluide pur ſort de toutes parts, & il eſt remplacé par le fluide ambiant. Les couches étant inégales dans chaque pole; & perdant des quantités, ou égales, ou trop peu différentes pour faire compenſation; leur ancienne inégalité ſubſiſte, & ſe manifeſte par les phénomènes du magnétiſme.



CHAPITRE III.

Du magnétiſme du globe terreſtre.

§. 160. PHÉNOMÈNE GÉNÉRAL.

UNE aiguille aimantée affecte une direction conſtante & telle qu'elle tourne toujours une même extrémité vers le même pole du monde.

EXPLICATION.

Sans prétendre exclure la poſſibilité de quelqu'autre cauſe, je reconnois celle qu'indique mon hypothèſe.

En rejetant tout ce qui choque les vrais principes de la philoſophie naturelle, les explications imaginées juſqu'ici ſe réduiſent à la ſuppoſition d'un grand aimant intérieur. La fiction même d'un tel corps, qu'on ſuppoſe ſe mouvoir librement, ſemble exclue par la denſité intérieure du globe terreſtre (1).

(1) M. DE LA PLACE (dit un géomètre que je cite avec confiance) « a démontré par une analyſe » ſavante, que pour que l'équilibre des mers fût » ſtable, il falloit que la denſité moyenne du globe » fût plus grande que celle de l'eau, & ce beau » réſultat rend déjà d'une extrême improbabilité tous » les ſyſtêmes qui ſuppoſent l'intérieur du globe creux, » & qui y placent un feu central, une ſphère magné- » tique, &c. » *Eſſai ſur les préjugés. Genève*, 1790. *p.* 110.

La cause qu'indique mon hypothèse est celle-ci. *Un des élémens du fluide magnétique abonde plus sur l'un des hémisphères que sur l'autre.* On voit que cette cause suffit, & pourvû qu'il y ait d'ailleurs du fluide combiné, elle n'affecte point les autres phénomènes. Mais on demande la cause de cette cause. Je crois l'appercevoir dans celle qui produit *l'inégalité de chaleur des deux hémisphères* (§§. 128. 141); soit que le soleil doive être envisagé comme étant la source de l'un des élémens magnétiques, & qu'on doive appliquer à cet élément les raisonnemens que nous avons faits sur la lumière; soit que la chaleur solaire agissant inégalement sur les élémens magnétiques, elle occasionne leur inégale accumulation dans les deux hémisphères; soit enfin qu'on applique ces suppositions au fluide combiné, en admettant quelqu'inégalité dans les attractions de ses élémens, qui ne puisse point troubler sensiblement les autres phénomènes.

§. 161. La *variation* de l'aiguille magnétique, dont on n'a pû encore déterminer la période, mais qui a son progrès & son terme dans une longue suite d'années, dépendroit-

elle des mouvemens qui produisent le changement d'obliquité, la précession, la nutation & peut-être encore quelques autres phénomènes ou inégalités de même genre? S'il étoit vrai que le magnétisme du globe terrestre tînt à la cause que j'ai indiquée (§. 160), il est sûr que certains mouvemens de l'axe devroient l'affecter.

§. 162. *La variation diurne* (si bien constatée) ne peut s'expliquer par l'action du soleil sur un aimant intérieur, ni même sur les mines de fer; parce que la chaleur de douze ou quinze heures ne pénètre point à une profondeur suffisante, pour modifier le magnétisme de ce prétendu aimant intérieur, ni même de ces mines de fer. Mais il ne seroit pas étonnant qu'elle modifiât l'état du fluide magnétique de l'atmosphère, ou de la première écorce de la surface terrestre (1).

(1) Les observations récentes de M. CASSINI font voir que la variation diurne est moins sensible dans les caves profondes qu'à la surface de la terre. Ce même physicien a découvert une variation périodique annuelle très-constante. Enfin il résulte de ses remarques que la variation dont la période plus longue est encore indéterminée, suit une marche plus constante qu'on n'a pu jusqu'ici le conclure des observations antérieures. *Journ. de phys. Avril & Mai 1791.*

CHAPITRE IV.

Exclusion d'une hypothèse.

§. 163. DE tant d'hypothèses, imaginées par tant d'hommes illustres, pour expliquer les phénomènes du magnétisme; je n'ai crû devoir prendre en considération que celle de M. ÆPINUS.

L'hypothèse de ce physicien & la mienne different essentiellement, puisqu'il n'admet qu'un fluide & que j'en admets deux. Cependant l'une peut être envisagée comme l'image de l'autre, tant qu'on ne suppose point que le fluide sort du fer, ou qu'il y entre. Mais dès qu'on est forcé d'en venir à cette supposition (comme il arrive (§. 159.) lorsqu'on veut expliquer le phénomène de la séparation des poles), l'hypothèse de M. ÆPINUS devient insuffisante & défectueuse, & ne peut plus remplacer la mienne. Car aussi-tôt le phénomène le plus frappant devient, dans cette hypothèse, inexplicable. Le phénomène dont je parle est celui des attractions & répulsions

(§. 156). En ne ſuppoſant qu'un fluide répandu autour du fer aimanté, on obtient le même effet qui a lieu lorſque le fer eſt dans l'état naturel (§. 154). Ce fluide ſe précipitant autour des poles de l'aimant, ou s'en écartant ſubitement, prévient toute action ſenſible de l'aimant ſur le fer, ou ce qui eſt la même choſe, du barreau aimanté ſur celui qui eſt dans l'état naturel.

§. 164. La même choſe auroit lieu, ſi mes deux fluides étoient ſimplement mêlés & non combinés. C'eſt cette combinaiſon des molécules qui les rend immobiles auprès du pole d'un aimant (§. 155.) Et c'eſt à cette circonſtance que tiennent tous les effets que j'ai décrits. Si l'on pouvoit prouver, qu'une molécule combinée eſt affectée ſenſiblement par la préſence d'une molécule de fluide pur, tout l'édifice que j'ai élevé crouleroit par le fondement. Mais j'ai mis du ſoin à m'aſſurer de la ſolidité de cette baſe. Elle eſt la vraie limite entre deux hypothèſes, qui ne ſe diſtinguent l'une de l'autre juſques-là, que par des expreſſions plus ou moins naturelles : expreſſions pour leſquelles je n'aurois pas entrepris un travail, qui ten-

doit à établir quelques différences entre mes opinions & celles d'un physicien aussi estimable que M. ÆPINUS. Mais là où l'on croit appercevoir une vérité nouvelle, il ne faut s'occuper que de cet objet, & en poursuivre la recherche, sans se laisser distraire par l'influence de l'autorité, ou par d'autres motifs étrangers à la philosophie.

Je renvoie pour les détails, & en particulier pour ce qui concerne les causes générales, à l'ouvrage publié il y a quatre ans que j'ai indiqué au commencement de cette section.

FIN.

A GENEVE, De l'imprimerie de BONNANT.

...écaniques sur la chaleur.

